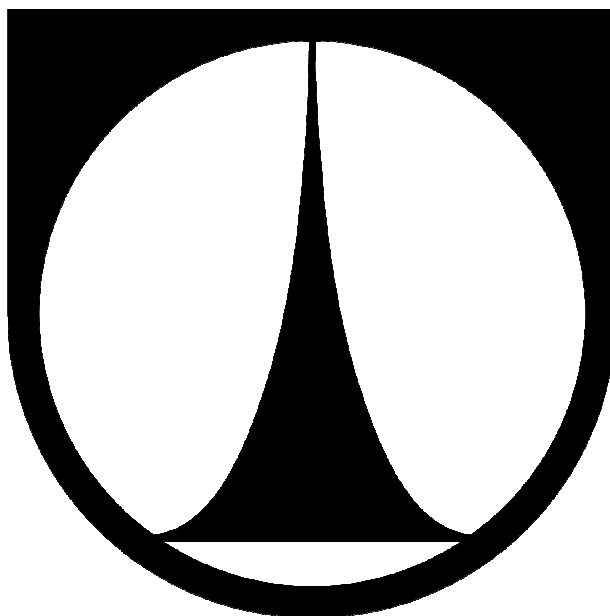


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Ekonomická fakulta



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2013

Bc. Kristýna Holemá

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Ekonomická fakulta

Studijní program: B (resp. N) 6208 Ekonomika a management
Studijní obor: Podniková ekonomika

Zefektivnění provozu výrobní linky ve firmě Continental Automotive Czech Republic s.r.o., Trutnov

Streamlining of operations production line at Continental Automotive Czech Republic s.r.o., Trutnov

DP-EF-KPE-2013-21

Bc. Kristýna Holemá

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. František Manlig, FS, KVS

Konzultant: Bc. Jan Semerák, Focus manager v Continental Automotive Trutnov

Počet stran: 95

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Ekonomická fakulta

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kristýna Holemá**
Osobní číslo: **E10000284**
Studijní program: **N6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Podniková ekonomika**
Název tématu: **Zefektivnění provozu výrobní linky ve firmě Continental Automotive Czech Republic s.r.o., Trutnov**
Zadávající katedra: **Katedra podnikové ekonomiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod do problematiky optimalizace výroby a výrobních linek.
2. Analýza současného způsobu výroby na vybrané výrobní lince, odkrytí rezerv.
3. Návrh opatření na zlepšení výrobní linky pomocí nástrojů štíhlé výroby, příp. odladění vybraných návrhů pomocí tzv. "Krabicové" simulace.
4. Ekonomické vyhodnocení práce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

65 normostran

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

LIKER, J. Tak to dělá Toyota. 1. vyd. Praha: Management press, 2007.

ISBN 978-80-7261-173-7.

WARNECKE, H. J., et al. Fraktálový podnik. 1. vyd. Žilina: Slovenské centrum produktivity, 2000. ISBN 80-968324-1-7.

SIXTA, J. a V. MAČÁT. Logistika. 1. vyd. Brno: CP Books a.s., 2005.

ISBN 80-251-0573-3.

JEFFREY, K. L. and D. Meier. The Toyota way fieldbook. 1th ed., USA: The McGraw-Hill Companies, 2006. ISBN 0-07-144893-4.

Elektronická databáze článků ProQuest (knihovna.tul.cz)

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. František Manlig

Katedra výrobních systémů


Konzultant diplomové práce:

Bc. Jan Semerák

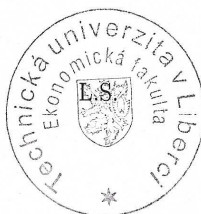
Continental Automotive Czech Republic, s.r.o.

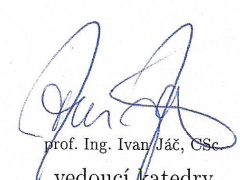
Datum zadání diplomové práce: **31. října 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2013**


doc. Dr. Ing. Olga Hasplová

děkanka




prof. Ing. Ivan Jáz, CSc.

vedoucí katedry

V Liberci dne 31. října 2012

PROHLÁŠENÍ

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, 8. 5. 2013

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce doc. Dr. Ing. Františku Manligovi za odbornou pomoc, profesionální přístup a připomínky, týkající se obsahu práce.

Dále bych chtěla poděkovat společnosti Continental Automotive Czech Republic s.r.o. Trutnov za možnost spolupráce pro vypracování diplomové práce, za veškerá poskytnutá data, za odbornou pomoc pracovníků a panu Janu Semerákovi za konzultace.

Moje poděkování bych chtěla také věnovat Ing. Janu Vavruškovi za poskytnuté informace a materiály k tématu práce. V neposlední řadě děkuji celé své rodině za psychickou i finanční podporu.

ANOTACE

Tato diplomová práce pojednává o problematice, jak zefektivnit jednu z vybraných výrobních linek ve firmě Continental Automotive Czech Republic s.r.o., Trutnov. Výrobní linka byla přestěhovaná do vhodnějšího prostoru výrobní haly, bylo změněno rozvržení linky, tzv. layout, a byl aplikován jiný způsob obsluhy linky tzv. „Rabbit chase“ neboli „Hon na zajíce“.

Cílem práce je provést takové změny, které povedou ke zvýšení efektivity linky a ke snížení celkových nákladů jejího provozu. Závěrečná část práce je věnovaná ekonomickému zhodnocení aplikovaných změn.

KLÍČOVÁ SLOVA

Štíhlá výroba

5S

Plýtvání ve výrobním procesu

Kaizen Institute

Rabbit chase

Takt linky

ANNOTATION

This diploma thesis discuss about issue how to increase the efficiency on one of the production line at Continental Automotive Czech Republic s.r.o., Trutnov. This production line was relocated, the layout of the line was changed and „Rabbit chase“ was aplicated.

The aim of this diploma thesis is to implement appropriate changes, which increase an effectivity and decrease total cost of the production line. The final part of diploma thesis is devoted to economic evaluation of applied changes.

KEY WORDS

Lean manufacturing

5S

Waste in the manufacturing process

Kaizen Institute

Rabbit chase

Tact time

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	11
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	13
1 ÚVOD	14
2 TEORETICKÁ ČÁST	16
2.1 ŠTÍHLÁ VÝROBA.....	16
2.2 HISTORIE ŠTÍHLÉ VÝROBY	16
2.3 ZÁKLADNÍ PILÍŘE ŠTÍHLÉ VÝROBY VE FIRMĚ CONTINENTAL	17
2.3.1 5S	17
2.3.2 Standardizovaná práce	18
2.3.3 Totálně produktivní údržba	18
2.3.4 Jidoka	19
2.3.5 Štíhlý design pracoviště	20
2.3.6 Vizuální management	21
2.3.7 Gemba walk	22
2.3.8 SMED	23
2.4 JIT SYSTEM.....	24
2.5 PLÝTVÁNÍ VE VÝROBNÍM PROCESU	25
2.6 PRINCIP TLAKU A TAHU	26
2.7 TOK JEDNOHO KUSU „ONE PIECE FLOW“	27
2.8 KAIZEN INSTITUTE	28
2.9 MĚŘENÍ EFEKTIVITY VÝROBY	29
2.10 ANALÝZA A MĚŘENÍ PRÁCE.....	31
2.11 ZÁKAZNICKÝ TAKT	35
2.12 TAKT LINKY	35
2.13 PRŮBĚŽNÝ ČAS VÝROBY	36
2.14 ZPŮSOBY OBSLUHY MONTÁŽNÍCH LINEK	36
2.14.1 „Štafetový běh“	36
2.14.2 „Bucket brigades“ – „Hašení požáru“	37
2.14.3 „Rabbit chase“ – „Hon na zajíce“	38
3 PRAKTICKÁ ČÁST	40
3.1 PŘEDSTAVENÍ CONTINENTAL CORPORATION	40
3.1.1 Continental celosvětově	40
3.1.2 Continental v České republice	41
3.1.3 Závod Continental v Trutnově	41
3.2 DEFINICE ANALYZOVANÉ LINKY	42
3.2.1 Výběr výrobní linky	42
3.2.2 Představení ECV I/II linky	42
3.3 MĚŘENÍ A ANALÝZA ECV I/II LINKY	44
3.3.1 Projekt M9R K2	44
3.3.2 Projekt VW2L	53
3.3.3 Vyhodnocení měření a analýzy projektu M9R K2 a VW2L	61
3.4 NÁVRHY KE ZLEPŠENÍ	62
3.4.1 Návrh nového layoutu ECV I/II linky	62
3.4.2 Kartonová simulace nového layoutu	70
3.4.3 Vyhodnocení a výběr nového layoutu ECV I/II linky	73
3.5 ZAVEDENÍ “RABBIT CHASE”	76
3.5.1 “Rabbit chase” pro projekt M9R K2	76
3.5.2 “Rabbit chase” pro projekt VW2L	79
3.5.3 Počet operátorů po zavedení “Rabbit chase”	82
3.6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	84
3.6.1 Úspora dvou operátorů	84
3.6.2 Úspora času na jednotku produkce	84
3.6.3 Úspora plochy	88

3.6.4	<i>Úspora transportu vstupního materiálu</i>	88
3.6.5	<i>Celkové úspory projektu</i>	89
4	ZÁVĚR	91
	POUŽITÁ LITERATURA	93

Seznam obrázků

Obr. 1: Příklad urovnané skříně na pracovišti v Continental Automotive	18
Obr. 2: TPM karta autonomní údržby v Continental Automotive	19
Obr. 3: Příklad andon výstražných světel	22
Obr. 4: Způsob výroby v dávkách	28
Obr. 5: Způsob výroby toku jednoho kusu	28
Obr. 6: Možné ztráty ve výrobním procesu	31
Obr. 7: Ukázka procesní analýzy	32
Obr. 8: Ukázka Špagetového diagramu	32
Obr. 9: „Štafetový běh“	37
Obr. 10: „Bucket brigades“	38
Obr. 11: „Rabbit chase“	39
Obr. 12: Pole působnosti společnosti Continental (tmavě-šedé oblasti)	41
Obr. 13: Ukázka EGR ventilu projektu M9R K2	43
Obr. 14: Yamazumi diagram - Časový rozbor operací pro projekt M9R K2	45
Obr. 15: Layout ECVI/II linky pro projekt M9R K2, verze 7 operátorů	46
Obr. 16: Takt linky pro projekt M9R K2, verze 7 operátorů	48
Obr. 17: Layout ECVI/II linky pro projekt M9R K2, verze 6 operátorů	49
Obr. 18: Takt linky pro projekt M9R K2, verze 6 operátorů	51
Obr. 19: Yamazumi diagram - Časový rozbor operací pro projekt VW2L	53
Obr. 20: Layout ECVI/II linky pro projekt VW2L, verze 7 operátorů	55
Obr. 21: Takt linky pro projekt VW2L, verze 7 operátorů	56
Obr. 22: Layout ECVI/II linky pro projekt VW2L, verze 6 operátorů	57
Obr. 23: Takt linky pro projekt VW2L, verze 6 operátorů	59
Obr. 24: Současný layout celé výrobní haly na S&A divizi	63
Obr. 25: Budoucí layout celé výrobní haly na S&A divizi	64
Obr. 26: Návrh layoutu 1	67
Obr. 27: Návrh layoutu 2	68
Obr. 28: Návrh layoutu 3	70
Obr. 29: Kartonová simulace pro ECV I/II linku	72
Obr. 30: Pohyb operátora pro „Rabbit chase“, projekt M9R K2	77
Obr. 31: Průběžný čas výroby pro „Rabbit chase“, projekt M9R K2	79
Obr. 32: Pohyb operátora pro „Rabbit chase“, projekt VW2L	80
Obr. 33: Průběžný čas výroby pro „Rabbit chase“, projekt VW2L	82
Obr. 34: Celkové úspory projektu	90
Obr. 35: Podíl jednotlivých úspor	90

Seznam tabulek

<i>Tab. 1: Koeficient rozpětí</i>	34
<i>Tab. 2: Operativní plán linky pro projekt M9R K2, verze 7 operátorů</i>	47
<i>Tab. 3: Operativní plán linky pro projekt M9R K2, verze 6 operátorů</i>	50
<i>Tab. 4: Operativní plán linky pro projekt VW2L, verze 7 operátorů</i>	55
<i>Tab. 5: Operativní plán linky pro projekt VW2L, verze 6 operátorů</i>	58
<i>Tab. 6: Párové srovnání a váha kritérií pro nový layout</i>	73
<i>Tab. 7: Hodnocení kritérií pro návrhy layoutů</i>	75
<i>Tab. 8: Operativní plán linky pro „Rabbit chase“, projekt M9R K2</i>	78
<i>Tab. 9: Operativní plán linky pro „Rabbit chase“, projekt VW2L</i>	81

Seznam použitých zkratek

CBS	Continental Business System
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
EGR	Exhaust Gas Recycling
ES	Engine System
JIT	Just In Time
MOST	Maynard Operation Sequence Technique
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OP	operátoři
S&A	Sensors and Actuators
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
5S	Sort, Straighten, Shine, Standardize, Sustain
5U	Utrídit, Urovnat, Uklidit, Udělat standardy, Udržet

1 Úvod

Automobilový průmysl je nákladově, a technologicky velmi náročným odvětvím. Má vysoké nároky na znalosti celé řady oborů, jako jsou materiály, technologie, konstrukční řešení, logistika, vývoj, výroba a mnohé další, neméně důležité vědní disciplíny, které jsou potřebné pro plně fungující konkurenceschopný podnik. Jednou z nich, v dnešní době téměř nepostradatelnou, je Štíhlá výroba, která napomáhá hledat a eliminovat plýtvání v podniku.

Plýtvání je činnost, která žádným způsobem nepřidává hodnotu výrobku, nýbrž náklady navíc. Pro dosti vysokou konkurenční sílu automobilového průmyslu se z mikroekonomického hlediska firmy stávají cenovým příjemcem. Pro udržení a získání nových zakázek, jsou nuceny splňovat stejnou, či vyšší hladinu kvality při stejné nebo dokonce nižší cenové úrovni své konkurence. Na základě tohoto hlediska je ve snaze firmy výrobu co nejvíce zefektivnit. Tedy, vyrábět za nejkratší možný čas, za nejvyšší kvality a s nejvyšším využitím potenciálu svého kapitálu.

Stejně jako jiné progresivní a úspěšné korporace, nejen v oblasti automobilového průmyslu, také Continental Corporation si uvědomuje důležitost zavádění Štíhlé výroby. Top management ji implementuje jak do výroby a skladů, tak do kanceláří a administrativních činností. Za tímto účelem vznikl celopodnikový projekt s názvem CBS – Continental Business System. Projekt zaštiťuje myšlenku Štíhlé výroby, udává společnosti směr, jednotnou formu, a díky pravidelným setkáním lídrů, tzv. Lean koučů, také pomáhá sdílet zkušenosti a informace.

CBS s sebou přináší 16 základních pilířů, charakteristika některých z nich bude obsahem teoretické části této diplomové práce. Continental Trutnov již 7 let zavádí jednotlivé pilíře, kdy v průběhu doby docházelo k velkým i malým změnám přispívající ke značným úsporám společnosti.

Praktická část této diplomové práce se zabývá problematikou, jak zefektivnit výrobní linku v Continental Automotive Trutnov. Byla vybrána jedna výrobní linka, která byla přemístěna do vhodnějšího prostoru. Zároveň byl vytvořen nový, efektivnější layout linky

a aplikoval se takzvaný „Rabbit chase“, neboli „Hon na zajíce“ týkající se způsobu obsluhy jednotlivých výrobních buněk v lince. Cílem tohoto projektu je ušetřit původní prostor linky, který bude využitý pro nový projekt. Dále linku, z hlediska zásobování, přemístit do lépe vyhovujících míst výrobní haly a návrhem nového layoutu a zavedením „Rabbit chase“ snížit počet operátorů, kteří budou potřeba pro nový projekt. Veškeré změny povedou ke snížení celkových nákladů, zvýšení efektivity linky a využití jejího potenciálu.

2 Teoretická část

2.1 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba je výrobní filosofie postavena na myšlence, jak uspořádat a vést společnost za co nejvyšší efektivity a flexibility. Jde o nepřetržitý proces zlepšování, s cílem zvyšovat produktivitu, snižovat ztráty a maximalizovat přidanou hodnotu. Za zakladatele štíhlé výroby je považován Taiichi Ohno a Shigeo Shingo [1].

Štíhlá výroba se nevztahuje pouze na výrobní sektor, ale týká se též plánování, administrativy, vývoje výrobku, nákupu či skladování materiálu.

V případě neefektivní výroby zákazník platí za chyby a plýtvání podniku. Štíhlá výroba je více soustředěna na zákazníka, proto je snahou tuto skutečnost eliminovat. Zákazník by měl platit za výrobek, jemuž se ve výrobním procesu v převážné většině přidávala hodnota. Snahou tedy je eliminovat nadbytečné náklady bez ztráty kvality. Taiichi Ohno konstatoval, že náklady neexistují proto, aby se počítaly, ale existují proto, aby mohly být odstraněny [1].

2.2 Historie Štíhlé výroby

Počátky štíhlé výroby lze zaregistrovat již v roce 1890, kdy vznikly první studie týkající se managementu. V těchto studiích se zabývali časem, pohybem, stanovením standardů či odstraněním zbytečných časových prodlev ve výrobě. V roce 1910 Henry Ford vynalezl montážní linku, která byla posléze vylepšena konceptem různorodých montážních linek. Velkým průkopníkem Štíhlé výroby byl Taiichi Ohno a Shigeo Shingo, kteří pro společnost Toyota vytvořili koncepty „Just in time“ („Právě včas“), „Waste reduction“ („Eliminace plýtvání“) a „Pull system“ („Princip tahu ve výrobě“). Tyto koncepty společně s dalšími technikami dostaly název Toyota Production System – TPS, které se v dnešní době neustále vyvíjí a ze kterých čerpají zkušenosti podniky po celém světě.

Koncept prošel určitými stádii vývoje a v roce 1990 byl shrnut a Jamesem Womackem pojmenován „Lean manufacturing“ („Štíhlá výroba“) [2].

2.3 Základní pilíře Štíhlé výroby ve firmě Continental

Firma Continental postavila koncept Štíhlé výroby na šestnácti základních pilířích. Tato diplomová práce popisuje pouze některé z nich, které byly určeny za reprezentativní. Tyto pilíře jsou popsány v následujících podkapitolách.

2.3.1 5S

5S je jedním ze základních kroků k implementaci štíhlé výroby do společnosti. Jde o systematický přístup k zorganizování, standardizování a eliminování plýtvání na pracovišti za účelem vyšší efektivity práce. Systém udržuje čisté pracovní prostředí, umožňuje rychlý přístup k prostředkům a informacím, vymezuje zodpovědnosti, efektivně využívá prostory a zvyšuje kvalitu výroby. Hlavní myšlenkou 5S je uspořádat pracoviště tak, aby všem pracovníkům bylo na první pohled jasné, kde najít požadovaný předmět, jakým způsobem předmět uložit zpět, či na koho se obrátit, pokud se potřebný předmět nenachází v daném prostoru [3].

5S (v českém jazyce 5U) je složeno z pěti bodů [3]:

1.S – Sort – Utrždit

Vymezit potřebný a nepotřebný materiál na pracovišti. Nepotřebný materiál odstranit z pracoviště.

2.S – Straigten – Urovnat

Potřebný materiál srovnat dle charakteru, určit jeho umístění a místo označit tak, aby bylo každému jasné, kam ho po zapůjčení má vrátit.

3.S – Shine – Uklidit

Udržovat pracoviště v čistotě. Stanovit plán pro úklid strojů, stolů, vozíků, podlah, atd.

4.S – Standardize – Udělat standardy

Aby byly výše popsané body dodrženy, musí se pro požadovaný stav vytvořit standard.

5.S – Sustain - Udržet

Požadovaný stav je potřeba udržovat, vylepšovat a kontrolovat. Kontrola probíhá pomocí pravidelných auditů.



Obr. 1: Příklad urovnané skříně na pracovišti v Continental Automotive
Zdroj: Vlastní zpracování

2.3.2 Standardizovaná práce

Standardizovaná práce je souhrn praktik definujících současný stav procesu a zajišťující jeho stabilitu. Hlavní myšlenkou je práce všech lidí na stejném principu, a tím eliminace chyb v procesu. Standard tedy zobrazuje správný stav a v případě abnormality slouží k rychlé identifikaci a nastavení nápravného opatření. Důležitost existence standardu ve firmách potvrzují slova Taiichi Ohna, který řekl, že společnost musí mít standard, i přes to, že jde o špatný standard [1, 4].


2.3.3 Totálně produktivní údržba

Totálně produktivní údržba, známá z anglického názvu TPM - Total Productive Maintenance. Metoda je zaměřena na nejlepší využití výkonu strojního zařízení. Cílem je dosažení nulových neplánovaných prostojů, nulových ztrát rychlosti strojů a nulových vad způsobených stavem stroje. K dosažení cíle je potřeba zavést pravidelnou údržbu strojního

zařízení a naučit zaměstnance identifikovat případné abnormality v průběhu procesu. Do TPM jsou zainteresováni všichni zaměstnanci společnosti [5].

Hlavní přínos TPM [5]:

- Eliminace poruch strojního zařízení,
- odhalení odchylek s předstihem,
- zvyšování výkonnosti strojního zařízení,
- podpora zaměstnanců ve znalosti operací a schopnosti údržby,
- podpora týmové práce.



Linka	F1C - předpřihlazení	Zařízení	F1C - 48	Popis činnosti	Pomůcky	Čas	Datum provedení
1	začátek pracovní směny	čelní strana stanice		Kontrola funkčnosti bezpečnostní světelné závory		15s	✓
2	začátek pracovní směny	místa tlačítek		Vizuální kontrola bezpečnostních prvků (světelný sprac.fiac, tlač.stop, atd.) - pokud jsou na zařízení instalovány, podrobně komponenty		30s	✓
3	koniec pracovní směny (nebo v prostoru)	pracovní prostor stanice		Odstavení nečistot (prach, olej, olej, špory, atd.) - (stanice vypnutá nebo v stop režimu)	Kovové štětí, mechanický SPIRIT, prstý plechová panel, displej - NEW ALL PURPOSE FOAM CLEANER, udr. Sonara EC	30s	✓
4	začátek pracovní směny	místa mechanismů		Vizuální kontrola stavu mechanismů (spodní části, pohybu, znečištění), podle potřeby volat seřizovače (stanice vypnutá nebo v stop režimu)		15s	✓
5	začátek pracovní směny	upínka		Uprádky: kontrola zavěšení (řazce) a očištění dosedacích ploch od špory a jiných mechanických nečistot	Kovové štětí, mechanický SPIRIT, prstý plechová panel, displej - NEW ALL PURPOSE FOAM CLEANER, udr. Sonara EC	30s	✓
6	začátek pracovní směny	opětláční stanice		Před spuštěním stroje zkontrolovat úplnost ochranných krytů a ploch		15s	✓
7	oří týdně (operator)	celá stanice		Důkladně očistit celé pracoviště (kryty, signal, zařiz. operacní panel apod.)	Gel proší, SPIRIT, NEW ALL PURPOSE FOAM CLEANER, udr. Sonara EC, vysavač, Traffic Remover	5'	✓

Zpracoval: [signature] Datum: 6. 01. 2015
 Kontroloval: FF S&A MP Datum: 6. 01. 2015
 Podpis: [signature] Podpis: [signature]

Obr.2: TPM karta autonomní údržby v Continental Automotive
Zdroj: Vlastní zpracování

2.3.4 Jidoka

Jidoka představuje tzv. automatizaci s lidskou inteligencí. Jde o zabudování kontrolního systému do každého kroku výrobního procesu. Při identifikaci odchylky tento systém nastavuje okamžitá nápravná opatření spočívající v zastavení činnosti. Systém zamezí dalšímu selhání a ztrátě [4, 6].

Cílem je zajistit natolik spolehlivou kontrolu výrobního zařízení nad procesem, aby bylo pracovníkovi umožněno věnovat se více činnostem paralelně. Pracovník tak může obsluhovat více strojů najednou a zvyšovat svou produktivitu [6].

Systém je podpořen čtyřmi základními prvky [4]:

- Gemba – plánované obchůzky pracovištěm,
- andon tabule – světelná tabule zobrazující současný stav výroby,
- standardizace práce,
- Poka-yoke systém – prevence lidských chyb v průběhu výroby.

2.3.5 Štíhlý design pracoviště

Štíhlý design pracoviště je jeden z nejdůležitějších faktorů společnosti. Soustředí se na eliminaci plýtvání způsobeným neefektivním layoutem pracoviště a zavedení správné ergonomie práce, při dodržení produktivity a bezpečnosti zaměstnanců. Cílem je optimalizovat průtok materiálu a minimalizovat odpad [5, 7].

Matt Zayko, an associate at the Lean Transformations Group said: "Lean layout designs need to support short, simple flows across facilities, from fabrication through final assembly." [7]

Překlad přímé citace:

Štíhlý design pracoviště zajišťuje krátký a jednoduchý tok materiálu přes zařízení, tj. od výroby až po konečnou montáž.

Hlavním přínosem štíhlého pracoviště je zkrácení průběžné doby přepravy, eliminace nadbytečné manipulace, úspora skladovacích ploch, dosažení plynulého toku materiálu a vyšší spokojenost zaměstnanců. Úspěšným návrhem štíhlého pracoviště vzniká tzv. efektivní prostředí, které významně ovlivňuje produktivitu společnosti [5].

Velmi důležitým faktorem k vytvoření štíhlého pracoviště je správná segmentace různorodých produktů do skupin, tzv. rodin, podle podobných technologických nároků, postupů a materiálu. Jen po správné segmentaci lze pracoviště navrhnout tak, aby byla zajištěna minimální nutnost přestavby a manipulace při změně produkce. Slova Dona Penkala, president of Granite Bay Global, potvrzují daný fakt: *"The traditional layout is*

effective at manufacturing a wide variety of products with very different process routings and varying demand levels. The downside is huge inventories of raw material, in-process and finished goods, long lead times, substandard quality, slow process improvement and high cost." [7]

Překlad přímé citace:

Klasický design pracoviště je koncipován na výrobu velkého množství různorodých produktů vyžadující rozdílné technologie a jiné požadavky. Nevýhodou jsou obrovské zásoby surovin, velké množství rozpracovaných a finalních výrobků, dlouhé průběžné doby výroby, podřadná kvalita, pomalý proces zlepšování a vysoké náklady [7].

Některé z používaných nástrojů k návrhu štíhlého pracoviště [8]:

- Analýza technologických požadavků,
- definice využití stroje,
- definice času procesů nepřidávající hodnotu,
- definice hodinového výkonu pracoviště,
- analýza pracovního dne operátora,
- definice materiálového toku,
- špagetový diagram
- kartonová simulace.

Kartonová simulace

Kartonová simulace je vyzkoušená metoda, zabývající se prostorovou otázkou, jak nejlépe a s co největší efektivitou rozestavit strojní zařízení ve firmách. Metodu firmy většinou aplikují při realizaci nových layoutů výrobních linek. Kartonová simulace byla použita v této diplomové práci při řešení nového layoutu analyzované linky.

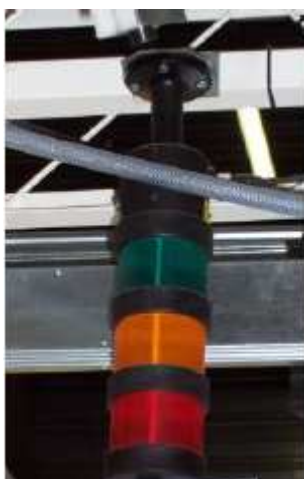
2.3.6 Vizuální management

Vizuální management se zabývá otázkou, jak efektivně předávat informace mezi zaměstnance firmy. Informuje o standardním stavu a poukazuje na abnormality, hovoří o výkonu, kvalitě, efektivitě, zakázkách, plánech či o vzniklých problémech. Vizualizace je

určena nejen pro zaměstnance, ale také pro současné a potenciální zákazníky či návštěvníky. Otázky typu co a proč jsou zodpovězeny, a tím by nemělo docházet k nejasnostem v běžných i kritických situacích [5].

Typické vizuální prvky jsou [5]:

- Nástěnky,
- standardy,
- one point lesson,
- technologické postupy,
- značení na podlaze či stěnách,
- andon výstražná světla,
- barevné značení vstupního či výstupního materiálu atd.



Obr.3: Příklad andon výstražných světel
Zdroj: Vlastní zpracování

2.3.7 Gemba walk

Název Gemba je převzat z japonštiny a v překladu znamená místo. Gemba walk znamená provádět plánované obchůzky pracovištěm za účelem identifikovat a eliminovat objevující se problémy. Všem zúčastněným, pomáhá Gemba walk k lepší orientaci o dění ve společnosti, monitoruje problémy, a v případě nutnosti okamžitě nastavuje nápravná

opatření. Výhodou je přítomnost managementu, který je dokonale informován o všech činnostech. Heslo Gemba walk zní: „Běž, pozoruj a řeš vzniklé problémy.“ [9]

2.3.8 SMED

SMED, zkratka anglického názvu – Single Minute Exchange of Die, se zabývá rychlou výměnou zařízení při změně produkce. Jinými slovy jde o eliminaci času vynaloženého k výměně strojního zařízení, a počítá se od posledního kusu výroby produktu A, k výrobě prvního kusu produktu B. Zakladatelem myšlenky SMED je Shigeo Shingo, jehož cílem bylo snížit čas výměny pod 10 min.

Shigeo Shingo definoval SMED slovy: „... *SMED is based on theory and years of practical experimentation. It is a scientific approach to setup time reduction that can be applied in any factory to any machine.*“ [10, s. 26]

Překlad přímé citace:

... SMED je založen na teorii a dlouholetých experimentech z praxe. Jde o vědecký přístup, jak redukovat čas při instalaci zařízení, který může být aplikován v každém výrobním závodě a na jakýkoliv výrobní stroj [10].

Jelikož během času výměny nedochází k přidávání hodnoty výrobku, je proto označován za plýtvání. Shigeo Shingo definoval [10], že pohyb vykonaný od posledního utaženého šroubu je plýtváním. Proto je snahou čas eliminovat na nejkratší možnou dobu. Společnostem, v minulosti aplikujícím SMED, se podařilo zkrátit čas až na 1/20 času původního [11].

Společnost aplikující SMED by měla identifikovat příslušné činnosti a analyzovat jejich spotřebu času. Tyto činnosti je potřeba rozlišit na externí a interní. Externí činnosti jsou vykonávány mimo linku, jde většinou o přípravu strojů, nástrojů, materiálu a dokumentace. Zatímco činnosti interní jsou přímo závislé na lince. Jejich manipulace je provedena uvnitř linky, a proto je nezbytné zastavit její chod. Snahou SMED je přesunout co nejvíce

činností ven z linky a do procesu zapojit tým lidí, který by byl po dobu přestavby nevyužitý. Pokud se činnosti rozdělí mezi větší počet pracovníků, celkový čas je zkrácen, a o to dřív může být zahájena výroba nové produkce [11, 12].

2.4 JIT system

JIT je zkrácená verze anglického názvu „Just in time“, neboli „Právě včas“. Systém pochází z Japonska ze společnosti Toyota, a vznikl pod vedením Taiichi Ohna. Je postaven na myšlence vyrábět takové výrobky, které jsou poptávány, v jaký čas jsou poptávány a v jakém množství jsou poptávány [4, 9].

Cílem je plánovat ve správný čas, produkovat žádané výrobky, vyrábět vhodnými prostředky a zajistit spolehlivou logistiku a prodej [4].

Jeffrey K. Liker definoval JIT jako soubor zásad, nástrojů a technik, umožňující firmě vyrábět v malých dávkách, krátkých dodacích lhůtách a dle potřeb zákazníka. Cílem je zajistit flexibilní výrobu, která dokáže okamžitě reagovat na změnu poptávky [4].

JIT se zaměřuje na eliminaci plýtvání [9]:

- správnou organizací výroby,
- efektivním layoutem pracoviště,
- plynulým tokem materiálu,
- spolehlivým a pouze nezbytně nutným transportem,
- disponibilitou strojů,
- kvalitou výroby,
- redukováním zásob.

V případě správné identifikace plýtvání a nastavení účinných nápravných opatření, dochází ke snižování výrobních nákladů, udržení minimálních skladových zásob, k okamžité identifikaci kvalitativních problémů a rychlejší reakci na požadavky zákazníka [9].

2.5 Plýtvání ve výrobním procesu

Plýtvání lze definovat jako činnost, která žádným způsobem nepřidává hodnotu produktu, ale pouze nadbytečné náklady. Cílem efektivní výroby je eliminovat veškeré typy plýtvání a vytvořit tak maximálně produktivní proces.

Plýtvání se nejčastěji definuje pod japonským překladem MUDA. Obecně se ve výrobní sféře objevuje 7 MUDA + 1.

7MUDA + 1 [4]:

- **Nadprodukce**

Nadprodukcí se rozumí výroba nadbytečných kusů, které zákazník okamžitě nepoptával. Cílem tedy je vyrábět pouze takové množství, které bylo poptáváno a nevyrábět do dalšího období.

- **Nadzásoba**

Firmy mají tendenci se předzásobit do dalšího výrobního cyklu. Nadbytek zásob, ale pouze vede ke zvýšení nákladů v podobě vložených peněz, delšímu času návratu investic a spotřeby velkého množství skladovací plochy. Proto firmy, které se snaží o zavedení štíhlé výroby, by měly tyto předzásoby eliminovat pouze na zásobu aktuální poptávky.

- **Prostoje**

Pokud není výrobní linka vybalancovaná, vznikají prostoje ve výrobě. Proto je potřeba věnovat pozornost výkonnosti jednotlivých strojů, výkonnosti jednotlivých pracovníků, stupni obtížnosti operací a správnému rozestavení linky. Snahou je odstranit čekání na nepřipravené zařízení, operátory či materiál. Čas stojí peníze a o to víc, pokud se v tomto čase přidává nulová hodnota.

- **Chyby**

Cílem každého podniku je v co nejvyšší míře eliminovat vznik chyb ve výrobě. Chybu rozlišujeme externí, plynoucí od dodavatele a interní, která vzniká uvnitř podniku. Kvalitu výroby kontroluje oddělení kvality.

K předcházení chyb je třeba zavést kontrolní opatření. Spolehlivým opatřením je např. Jidoka, Poka Yoke, pečlivá údržba stroje či důkladné proškolení zaměstnanců.

- **Transport**

Transport materiálu a produktů tvoří největší část plýtvání. V průběhu výroby je potřeba materiál a výrobek několikrát přemístit. Proces, který nelze žádným způsobem obejít, lze alespoň strategickým plánováním zkrátit na minimální možnou dobu.

- **Pohyb**

Jedná se o zbytečný pohyb lidí, který nepřidává hodnotu výrobku. Je spojen s ergonomií práce, tedy vědou zabývající se optimalizací lidské činnosti na pracovišti. Zbytečné pohyby je třeba identifikovat, a hledat vhodné řešení pro zefektivnění činnosti.

- **Neužitečné operace**

Jde o operace, které nejsou potřebné a nepřidávají tedy hodnotu výrobku. Jde o činnosti, které jsou vykonány navíc bez poptávky zákazníka.

- **+1 – Nevyužitý potenciál zaměstnanců**

Jde o nevyužité schopnosti, znalosti a kreativitu zaměstnanců, které jejich zaměstnavatelem není schopen aplikovat.

2.6 Princip tlaku a tahu

Princip tlaku

Princip tlaku, nebo také „Push system“ je způsob plánování výroby, založený na prognóze a předpokládaném prodeji. Statisticky je vyhodnocen prodej minulého období a na základě výsledků shrnut předpoklad prodeje do období budoucího. Výrobek je „tlačen“ na trh se snahou jeho prodeje [5].

Princip tlaku s sebou přináší určité překážky, a to především v podobě vysokých a kolísavých zásob, nebo častou změnou výrobních plánů. Výsledkem je pak vázaný vysoký kapitál, který nemusí být využit [5].

Princip tahu

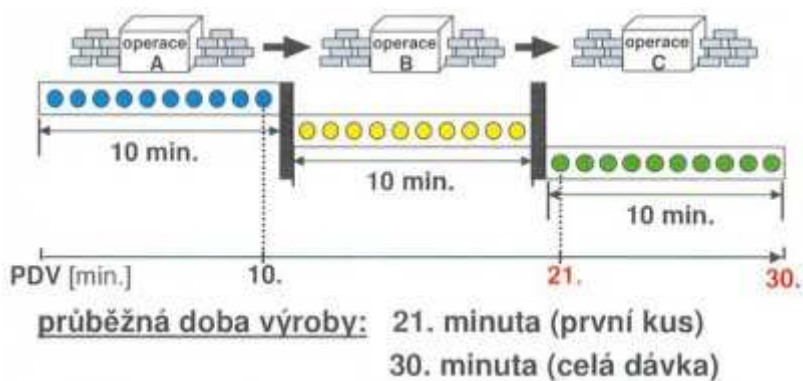
Princip tahu, neboli „Pull system“ je druhý způsob plánování výroby, založený na skutečné poptávce zákazníka. Poptávané množství firmy směrem k dodavateli je totožné s poptávkou plynoucí od zákazníka. Je tedy nakoupeno a vyrobeno přesně to, co je požadováno. V průběhu nevznikají nadbytečně zásoby a výrobce může flexibilněji reagovat na změnu poptávky. Princip tahu je jeden z přístupů používaných ve štíhlé výrobě [5].

2.7 Tok jednoho kusu „One piece flow“

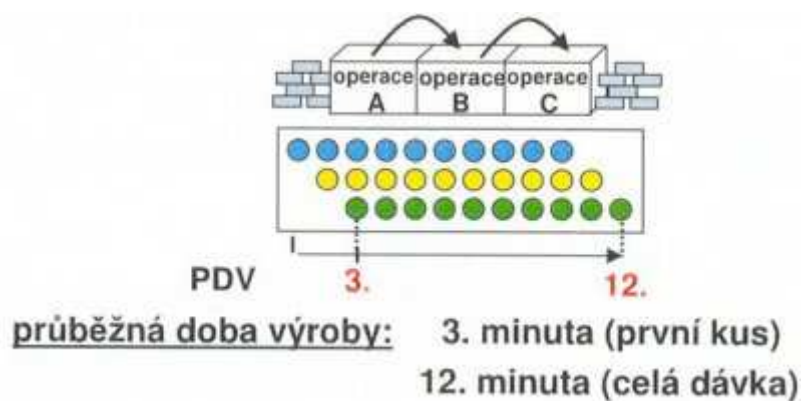
Tok jednoho kusu je takový způsob výroby, kdy produkt prochází plynule výrobou bez přerušení a čekání. Výrobek je zpracován na jedné operaci, a ihned přesunut k operaci další. Protikladem je výroba v dávkách [13, 14].

Taiichi Ohno řekl, že pouze produkt, který se plynule pohybuje jednotlivými výrobními kroky, s minimální průběžnou čekací dobou a nejkratšími vzdálenostmi přepravy, je vyráběn za nejvyšší efektivity [13].

Přínosem „One piece flow“ je zkrácení doby rozpracovanosti výrobku a průběžné doby výroby, rychlejší identifikace kvalitativního problému a snížení rozlohy výrobní plochy [14].



Obr.4: Způsob výroby v dávkách
Zdroj: [14]



Obr.5: Způsob výroby toku jednoho kusu
Zdroj: [14]

2.8 Kaizen Institute

Kaizen Institute vznikl v roce 1985 a jeho zakladatelem je Masaaki Imai. Již z japonského názvu Kaizen, lze pochopit její filosofii [3].

KAI – změna

ZEN – k lepšímu

KAIZEN tedy znamená neustálé zlepšování činností ve firmách, a to kýmkoliv, kdykoliv a kdekoliv. Kaizen Institute poskytuje celosvětově poradenské služby, jak implementovat Kaizen filosofii do firmy [15].

Kaizen heslo je složeno ze čtyř japonských slov [3]:

Jdi na GEMBA (výroba, kancelář, místo děje).

Pozoruj GEMBUTSU (skutečné věci).

Hledej MUDA (plýtvání, ztráty).

Prováděj Kaizen (neustálé zlepšování).

Globální centrála Kaizen Institute má sídlo v Zugu ve Švýcarsku a v současné době má společnost zastoupení v 35 zemích světa. Zastoupení má od roku 2005 i Česká a Slovenská republika, se sídlem v Praze [15].

Kaizen a Continental Automotive Trutnov

Continental Automotive Trutnov již od března 2012 intenzivně spolupracuje s Kaizen Institutem. Kaizen Institute pořádá pravidelná školení, kterých se účastní i tým lidí z Continental. Získané vědomosti pak aplikují v praxi.

Kaizen Institute provádí pravidelné audity zaměřené na 5S, na základě kterých je podnik ohodnocen. Continental v Trutnově má v roce 2013 plán dosáhnout 95% hodnocení, a tím získat certifikát „Best in Class“. Získaný certifikát poukáže na efektivní řízení společnosti a dodá podniku status důvěryhodnosti, postavené na pořádku a kvalitě. Benefity ze získaného certifikátu jsou prestiž, nové potenciální projekty, stabilita pracovních míst, jistota mezd a budování silné společnosti pro další generace. Certifikátem „Best in Class“ prozatím žádná z českých firem nedisponuje, pro Continental Trutnov je tedy velkou výzvou. V současné době v Continental Trutnov proběhl v pořadí již druhý Kaizen audit, při kterém bylo dosaženo 80% hodnocení. Je patrné, že k dosažení cíle nezbyvá mnoho, ale i přesto poukazuje na určité nedostatky.

2.9 Měření efektivity výroby

Aby mohly podniky přežít ve stále větším tlaku tržního prostředí, jsou nuceny vylepšovat jejich činnost do nejlépe možných mezí. Podniky mají za cíl snižovat celkové náklady na výrobu, maximálně využívat výkon vlastního vybavení, a eliminovat veškeré ztráty

objevující se ve výrobním procesu. K tomu aby mohly procesy vylepšovat, potřebují znát hodnotu efektivity výroby, a to v co nejpřesnějších číslech [16, 17].

OEE z anglického názvu – Overall Equipment Effectiveness, slouží pro výpočet efektivity výroby. OEE zohledňuje jednotlivé ztráty objevující se během procesu výroby, které neumožňují vyrábět se 100% úspěšností [16].

Ztráty ve výrobě se dělí na [17]:

- **Plánované ztráty**

Plánované ztráty jsou předem dohodnuté, a jsou tedy započítány do plánu výroby. Může jít o preventivní údržbu, úklid, testování, vývoj, zkoušky, dovolenou a víkendy.

- **Operační ztráty**

Za operační ztráty lze považovat například změnu produkce, nastavení strojů, výpadky zařízení, nedostatek materiálu a lidí, či neschopnost operátorů vykonávat jeho činnost tak, jak je požadováno.

- **Ztráty výkonu**

Ztráta výkonu stroje vzniká například při startu jeho rozběhu, na základě jeho špatného nastavení, selhání činnosti či úmyslném zpomalení.

- **Ztráty nekvalitou výroby**

Nekvalita může být zapříčiněna vadným materiálem, špatnou technologií, nepřesným nastavením stroje či nepozorností operátora.

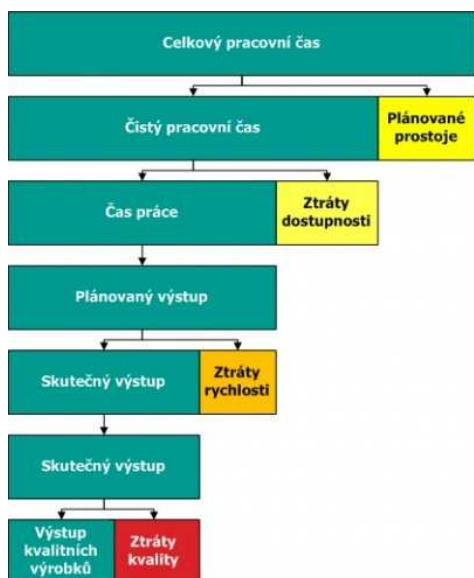
Při výpočtu OEE se zohledňují tyto ukazatele [16]:

Míra využití (dostupnost),
míra výkonu (rychlost),
míra kvality.

Výpočet OEE [16]:

$$\text{OEE} = \text{využití} * \text{výkon} * \text{kvalita} * 100 [\%] \quad (1)$$

Firmy, jejíž OEE dosahuje 85% mohou říct, že využívají své zdroje opravdu efektivně.



Obr.6: Možné ztráty ve výrobním procesu
Zdroj: [16]

2.10 Analýza a měření práce

Analýzou a měřením práce se zabývá většina průmyslových inženýrů a lean specialistů. Cílem analýzy práce je identifikovat plýtvání objevující se ve výrobním procesu, a cílem měření práce je určit spotřebu času pro jednotlivé operace. Výstupem měření práce jsou podklady pro tvorbu normy spotřeby času, která je nezbytná pro plánování výroby [18].

Po identifikaci plýtvání je potřeba nalézt a navrhnout vhodnější způsob činnosti, která by přispívala k vyšší produktivitě výroby.

Metody pro analýzu a měření práce:

- **Procesní diagram**

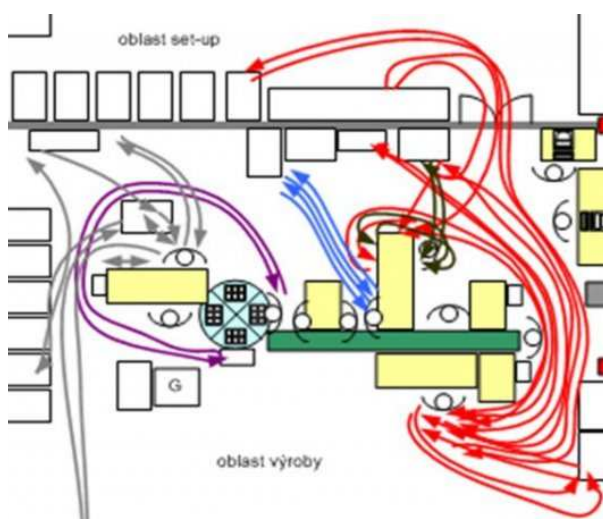
Grafické mapování sledu veškerých činností. Zmapována může být jak výrobní, tak nevyrobní sféra. Nejdříve je vytvořena procesní analýza a z ní vyplývající procesní diagram [18].

Procesní analýza								
č.	činnost	operace	transport	kontrola	skladování	čekání	vzdálenost (m)	dobu trvání (min)
1	Přijem zboží	○						1
2	Kontrola		→	⊗				0,5
3	Skladování		→		△			
4	Transport		→				24	
6	Dělení materiálu	○	→					10
7	Kontrola		→	⊗				0,5
8	Transport		→				70	
9	Soustružení	○	→					7,27
11	Transport		→				32	
12	Broušení	○	→					7,27
14	Transport		→				29	
15	Protáhnutí	○	→					0,94
16	Jehlení	○	→					0,35
17	Kontrola		→	⊗				1,5
18	Transport		→				9	
19	Soustružení	○	→					0,75
21	Transport		→				90	
22	Soustružení	○	→					3,88
24	Transport		→				59	
25	Skladování		→		△			
30	Transport		→				29	
31	Odmaštění	○	→					0,27
32	Transport		→				11	
33	Skladování		→		△			
43	Transport		→				300	
45	Broušení	○	→					5,31
48	Transport		→				91	
59	Kontrola		→	⊗				2
60	Balení	○	→					2,5
Celkem: - četnost		11	11	4	3			7,8
- součet časů (min)								44,04
- vzdálenost (m)							744	

Obr. 7: Ukázka procesní analýzy
Zdroj: [19]

• Špagetový diagram

Zaznamenává pohyb materiálu nebo pracovníka v určitém časovém úseku. Diagram se zakresluje do layoutu pracoviště, ze kterého lze jednoduše určit, které pohyby jsou neefektivní a tudíž nežádoucí. Špagetový diagram bývá podkladem pro návrh nového layoutu pracoviště [18].



Obr. 8: Ukázka Špagetového diagramu
Zdroj: [19]

- **Snímek pracovního dne**

Jde o podrobné zachycení veškerých činností a jejich spotřeby času během výrobní směny. Pozorovatel může analyzovat jednotlivce, nebo celou skupinu lidí. Nejdříve je potřeba vybrat jednotku k analýze, seznámit se s pracovištěm, vytyčit sledované parametry, stanovit počet snímků, měřit a vyhodnocovat.

Důvodem analýzy je například plánovaná změna layoutu, lepší vybalancování linky, nebo odstranění úzkého místa v lince. Cílem je opět zvýšit efektivitu výroby [18].

- **Chronometráž operací**

Chronometráž operací, neboli měření času jednotlivých úkonů pracovní činnosti. Cílem je vytvořit časovou normu při tzv. normálním pracovním tempu operátora. Rozlišují se dva typy měření - přímé a nepřímé.

Cílem měření je stanovit novou nebo aktualizovat současnou časovou normu. Důvodem může být změna technologického postupu, změna materiálu či layoutu, výroba nového projektu, snaha optimalizace úzkého místa či reklamace časových norem [18].

Měření přímé

Realizuje se přímo na analyzovaném místě za pomoci měřicí techniky – stopky, fotoaparát či videokamera. Časy se liší dle jejich původu – manuální, strojní a chůze. Každý úkon je potřeba několikrát změřit, tyto časové hodnoty se zaznamenají do připraveného formuláře a v konečné fázi se vypočítá jejich průměrná hodnota [18].

Z naměřených hodnot lze snadno vyčíst, které operace jsou časově více či méně náročné. Tato informace slouží k zamyšlení, zda je možné dlouhé časy eliminovat. Cílem měření je vybalancovat časovou a fyzickou zátěž linky při určitém počtu operátorů. Výsledkem je vybalancovaná linka, u které nevzniká čekání, či tvorba zásob v průběhu výroby [18].

Yamazumi diagram

Yamazumi diagram je jeden z nástrojů používaný při analýze a měření času procesů. Má podobu sloupcového grafu, zaznamenávající časy jednotlivých výrobních kroků. Každý sloupec grafu je poskládán z času manuálního a strojního. Do sloupce se také často

zaznamená, kolik procent z daného času se výrobku přidávala hodnota a kolik procent se hodnota nepřidávala. Poukazuje na úzká místa linky a pomáhá ke správnému rozvržení zatížení pracovníků tak, aby bylo efektivně využito strojního zařízení při dodržení zákaznického taktu [12].

Výpočet pro stanovení počtu měření [18]:

$$n = \left(\frac{z * s}{k * \bar{x}} \right)^2 \quad (2)$$

z – měření odchylky spolehlivosti (z = 1,96 pro 95% pravděpodobnost)

s – směrodatná odchylka

k – koeficient rozpětí - přípustná chyba v %

x – aritmetický průměr z měření

Tab. 1: Koeficient rozpětí

Typ výroby	Délka úkonu	Koeficient rozpětí K _r pro časy ruční a strojně ruční
kusová a malosériová	do 0,15 min.	2,0
	do 0,50 min.	1,7
	nad 0,55 min.	1,5
sériová	do 0,1 min.	2,0
	do 0,3 min.	1,8
	nad 0,3 min.	1,5
hromadná	do 0,3 min.	1,5
	nad 0,3 min.	1,3

Zdroj: [18]

Aritmetický průměr:
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (3)$$

Směrodatná odchylka:
$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (4)$$

Zdroj: [18]

Měření nepřímé

Měření nepřímé se také nazývá systém předem určených časů. Existuje několik metod, jednou z nich je například metoda MOST.

MOST – Maynard Operation Sequence Technique

Metoda nepřímého měření časů vycházející z přemísťování objektů při standardních sekvencích pohybových prvků. Rozlišuje pohyby jako sáhnout, uchopit, přemístit a umístit. Každý z těchto pohybů má předem definovanou spotřebu času za dané vzdálenosti a obtížnosti. Při přemísťování objektu se dále rozlišuje, zda je objekt zvednut a přemístěn volně prostorem, nebo přemístěn a udržován v kontaktu s jiným povrchem [19, 20].

Metoda vznikla v roce 1980 a zakladatelem je Kjell B. Zandin z firmy Maynard Corporation. Hlavní myšlenkou bylo zvýšit produktivitu měření práce a dosáhnout co nejpřesnějších údajů. Systém je považován za jednu z nejspolehlivějších metod měření práce [20, 21].

2.11 Zákaznický takt

Zákaznický takt synchronizuje tempo výroby s poptávkou zákazníka. Jinými slovy definuje, jak rychle vyrábět, aby byla uspokojena zákaznickova potřeba. Jestliže je tempo výroby rychlejší než zákaznický takt, dochází k nadvýrobě. Naopak, v případě pomalejšího tempa výroby, dochází k nesplnění plánu, který má za následek neuspokojení zákazníka, nebo přesčasovou výrobu. Oba případy nedodržení taktu vedou k nadbytečným nákladům společnosti. Je tedy žádoucí zákaznický takt dodržovat [12].

Výpočet zákaznického taktu [12]:

$$\text{ZÁKAZNICKÝ TAKT} = \frac{\text{Čistý pracovní fond za období}}{\text{Suma požadovaných výrobků za období}} \quad (5)$$

2.12 Takt linky

Takt linky je čas výroby mezi po sobě jdoucími kusy. Jinými slovy udává, informaci v jakém intervalu vypadávají jednotlivé kusy z linky. Jde tedy o výše zmíněné tempo výroby, které by mělo být zesynchronizováno se zákaznickým taktem v případě dodržení zákaznickovy poptávky.

2.13 Průběžný čas výroby

Průběžný čas výroby, v anglickém jazyce známý jako lead time, vyjadřuje průběžný čas výrobního procesu v závislosti na specifikaci, co je za průběžný čas stanoveno. Průběžný čas může vycházet z pozice jedné operace, celé linky, nebo celého výrobního procesu [12].

Průběžný čas zahrnuje:

- Manuální časy – odebrání, vkládání, manipulace se vstupním materiálem atd.,
- strojní časy – doba, po kterou stroj vykonává svou činnost,
- časy potřebné k přemístění – přemístění pracovníka v rámci výroby.

2.14 Způsoby obsluhy montážních linek

Na výběru vhodné obsluhy montážní linky závisí hned několik faktorů, které je potřeba respektovat. Při nesprávném výběru může jít o nevyužití vlastních zdrojů, o ztrátu výkonu a konkurenceschopnosti.

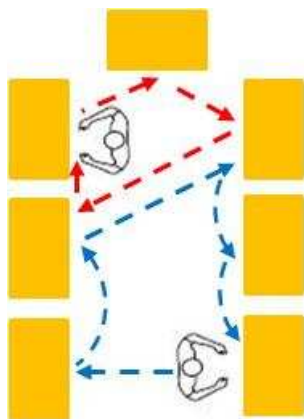
Mezi základní faktory výběru patří:

- Specializace a obtížnost operací,
- částečná nebo žádná automatizace,
- kolísání počtu pracovníků,
- dovednosti pracovníků.

2.14.1 „Štafetový běh“

Štafetový běh se vyznačuje rozdělením činností mezi více operátorů. Používá se buď u prostorově náročnějších montážních linek, nebo u linek obsahující vyšší specializaci. Operátoři si předávají rozpracované kusy (štafetu) na předem určených předávacích místech. Pokud k předem určenému místu pracovník zatím nedošel, smí práci vykonat jeho následovník [3, 22].

Při realizaci tohoto typu obsluhy je potřeba provést detailní časovou analýzu pracoviště. Linku je důležité správně vybalancovat, aby nevznikaly čekací doby, nebo se v průběhu procesu netvořily zásoby. Pro fluktuaci pracovníků je potřeba určit takt linky pro různé množství operátorů [3].



Obr. 9: „Štafetový běh“

Zdroj: Vlastní zpracování

Výhody:

- Je vhodný pro velká pracoviště.
- Není nutná 100% znalost všech operací všemi operátory.
- Kvalitní zaučení operátorů – opakovaná činnost.

Nevýhody:

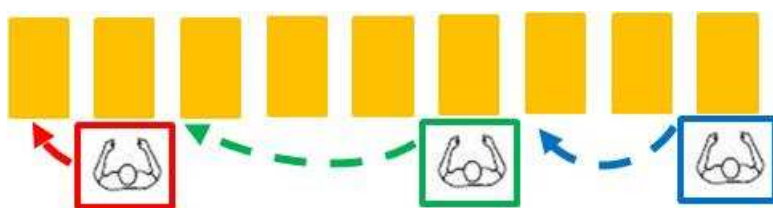
- Jde o složitý proces při balancování linky.
- Při špatném vybalancování vznikají hromadící se kusy, nebo čekací doby.
- Organizačně náročná při změně počtu operátorů.
- Nevyužití osobních schopností u zručných jedinců [3].

2.14.2 „Bucket brigades“ – „Hašení požáru“

Typ obsluhy linky s názvem „Hašení požáru“ je opravdu inspirován dřívějším způsobem hašení požáru pomocí věder. Hasič, který stojí nejbližší požáru běží s prázdným vědrem naproti hasiči druhému, dokud se nepotkají. Prázdné vědro mu předá a odebere si od něj

vědro s vodou. Druhý hasič běží ke třetímu, dokud se nepotkají a dojde ke stejné výměně věděr, jako v prvním případě [23].

Stejný princip rozdělení činností platí i pro obsluhu montážní linky. Operátoři vytvoří pracovní řetězec, ve kterém má každý z nich vymezen základní pracovní prostor. Pokud jeden z operátorů ztrácí výkonnost, přichází mu naproti operátor obsluhující vedle něj. Každý z pracovníků tedy dokončí svou vlastní činnost, jde zpět proti proudu a přebírá práci svého předchůdce. Ten dojde k této činnosti a vrací se zpět proti proudu, aby také převzal práci svého předchůdce, pokud je potřeba. Tento systém funguje v celém řetězci [23].



Obr. 10: „Bucket brigades“
Zdroj: Vlastní zpracování

Nejvhodnějším rozestavením pracovníků je od nejpomalejšího k nejrychlejšímu. Zavedení je vhodné na montážních linkách, kde není specializace výroby příliš náročná.

Výhody:

- Je vhodný pro velká pracoviště.
- Není potřeba složitý proces při balancování linky.
- Minimální mezioperační rozpracovanost.
- Využití osobních schopností jedinců.

Nevýhody:

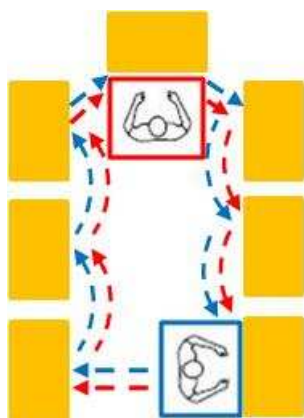
- Vyšší požadavek na znalost procesů oproti štafetovému běhu.
- Není přesně určena působnost operátora – možnost vzniku dezorientace [23].

2.14.3 „Rabbit chase“ – „Hon na zajíce“

„Rabbit chase“ se nejčastěji zavádí na montážní linky nevyžadující vysokou specializaci. Požadavek na operátory je zvládnout veškeré činnosti týkající se procesu. Jelikož se

operátoři přesunují v rámci celé linky od stroje ke stroji, je tato varianta náročná na kroky. Pro snížení počtu kroků, je tedy nejčastější uspořádání linky do tvaru „U“ [3, 22].

Existují dva způsoby, kterými lze při „Rabbit chase“ manipulovat s výrobky. Operátor buď přesunuje rozpracovaný kus od operace k operaci, a tím nevzniká manipulace odkládání a odebírání. Nebo přesunuje rozpracovaný kus svého předchůdce. Tedy ke stroji přichází s kusem A, vyjme ze stroje hotový kus B založený operátorem před ním, do stroje vloží kus A, a s kusem B se přemístí k následující operaci. Je zřejmé, že u druhé varianty není odstraněna manipulace s odkládáním a odebíráním, na kterou je u „Rabbit chase“ kladena vysoká váha. I přes to, je u linek zaváděna, a to z důvodu nemožnosti časově vybalancovat zatížení operátorů. Časový odstup jednotlivých operátorů se řídí nejdelším manuálním nebo strojním časem [3, 21].



Obr. 11: „Rabbit chase“
Zdroj: Vlastní zpracování

Výhody:

- Eliminace nadměrné manipulace s rozpracovaným kusem.
- Minimální mezioperační rozpracovanost.
- Vysoká produktivita.

Nevýhody:

- Nutnost 100% znalosti procesů.
- Takt je určen podle nejpomalejšího operátora.
- Nevyužití osobních schopností zručných jedinců.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část se zabývá projektem týkající se výrobní linky v Continental Automotive Trutnov. Vybraná výrobní linka byla přestěhovaná do jiného prostoru, byl efektivněji vyřešen layout linky a pro snížení počtu operátorů se aplikoval „Rabbit chase“, který se týká způsobu obsluhy linky. Pokud se podaří plánované změny aplikovat úspěšně, povedou ke snížení celkových nákladů, zvýšení efektivity linky a využití jejího výrobního potenciálu.

Celý projekt je koncipován systémem DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), tedy prověřenou metodou, jak zavádět do firem inovace. V první fázi je výrobní linka definovaná, dále jsou změřeny příslušné projekty, výsledky z měření jsou zanalyzovány a v úzkých místech linky navrženo zlepšení. Po zavedeném zlepšení následuje kontrola, zda nový systém plní cíle.

3.1 Představení Continental corporation

Následující text poslouží jako stručné představení společnosti v mezinárodním, i národním měřítku.

3.1.1 Continental celosvětově

Continental corporation se řadí mezi světové lídry v oblasti automobilového průmyslu. Je dodavatelem pneumatik, brzdových systémů, podvozkových komponent a vozidlové elektroniky. Díky nejnovějším technologiím, procesům a otevřenému přístupu k neustálé inovaci podniku ve všech směrech, úspěšně přispívají k bezpečnější, pohodlnější a ekologičtější přepravě lidí po celém světě. Celkově působí v 36 zemích, 200 lokalitách a zajišťují práci pro více než 150 000 obyvatel. Strukturu společnosti Continental tvoří dvě skupiny – Rubber a Automotive. Obě tyto skupiny se pak dále specializují ve své oblasti působení do dalších divizí.

3.2 Definice analyzované linky

Jak již bylo zmíněno výše, k projektu této diplomové práce byla vybrána výrobní linka, která bude v textu níže analyzována. Následující text objasní důvod výběru a představí linku i její projekty.

3.2.1 Výběr výrobní linky

Divize S&A disponuje jednou výrobní halou o rozloze 2500 m². V tuto chvíli na hale sídlí pět výrobních pracovišť, které se od sebe liší zadanými projekty, zodpovědnými osobami, počtem operátorů, rozlohou a layoutem pracoviště. Vedle výrobních pracovišť na hale sídlí vedoucí směny, oddělení kvality, výrobní logistika, manipulanti a vedoucí týmů.

Pro rok 2014 se na této výrobní hale chystá zahájení nového projektu, který bude prostorově náročný. Nová výrobní linka bude zasahovat do prostoru analyzované linky, na kterou je tedy kladen požadavek přemístění. Právě tento fakt nabízí příležitost zabývat se layoutem pracoviště podrobněji a odstranit nedostatky, které byly v průběhu výroby nalezeny. Linka ECV I/II byla tedy shledána vhodným adeptem k analýze.

3.2.2 Představení ECV I/II linky

ECV I/II je 8 let stará výrobní linka, která byla do Trutnova přemístěna z Frenštátu pod Radhoštěm. Zabývá se výrobou EGR ventilů, které slouží k regulaci a mísení výfukových plynů se vzduchem do motoru, automobilů značky Renault a Volkswagen. Tento systém napomáhá k vyšší výkonnosti motoru, nižší spotřebě paliva, nižší hlučnosti i emisím. Linka vyrábí celkem 10 různých projektů.

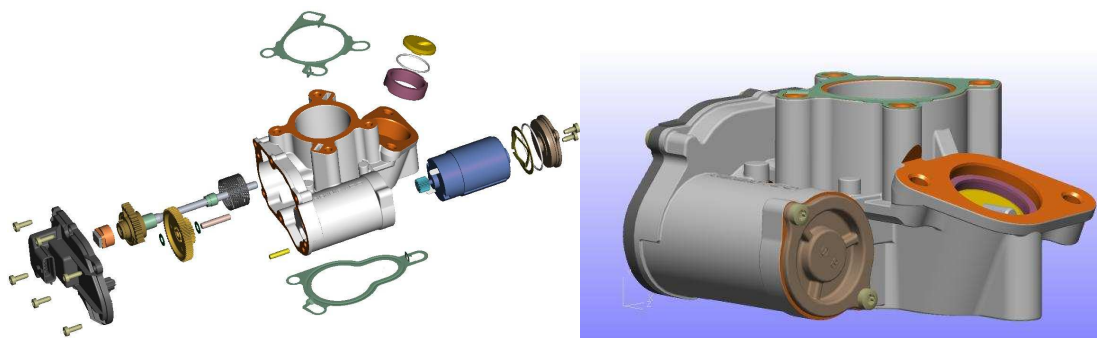
ECV I/II linka je složena ze šestnácti výrobních stanic, z nichž 11 je poloautomatických a 5 manuálních. Poloautomatické stanice jsou částečně obslouženy operátorem a z části pracují samostatně. Operátor rozpracovaný výrobek založí, spustí stanici a po dokončení chodu stroje výrobek vyjme. Manuální stanice jsou operátorem obsluhovány po celou

délku operace. Jedná se například o vizuální kontroly, které se v lince vyskytují celkem dvě.

Dle počtu strojů, layoutu linky a časové analýzy operací byl stanoven optimální počet operátorů na směnu, jedná se o 7 lidí. Linku obsluhují dvě směny, ranní a noční, po osmihodinové pracovní době.

K této výrobní lince jsou přidruženy další dvě výrobní stanice, umístěné mimo pracoviště, sloužící k výrobě vstupního materiálu do popisované linky. Jedná se o magnetizér a přípravu hřídelky. Stanice jsou umístěny v zadní části za linkou – pracoviště 43 a 45 (viz obr. 15). Tyto stanice jsou obsluhovány pouze jedním operátorem, a to buď v době prostoje jakéhokoli typu, nebo při běžném chodu linky. Prostojem je myšlena přestavba linky při změně produkce, plánovaná údržba či neplánovaný prostoj. Operace na této stanici není časově příliš náročná, operátoři jsou tedy schopni vyrobit velké množství kusů za krátký čas.

Je patrné, že i při optimálním stanoveném počtu sedmi operátorů na jednu směnu se v lince vyskytuje i varianta pouze se šesti operátory. Z tohoto důvodu byly vypracovány časové studie pro obě možnosti. Ze studií byla vytvořena časová norma, která je nezbytná k plánování výroby.



Obr. 13: Ukázka EGR ventilu projektu M9R K2
Zdroj: Interní zdroj z Continental Automotive Trutnov

3.3 Měření a analýza ECV I/II linky

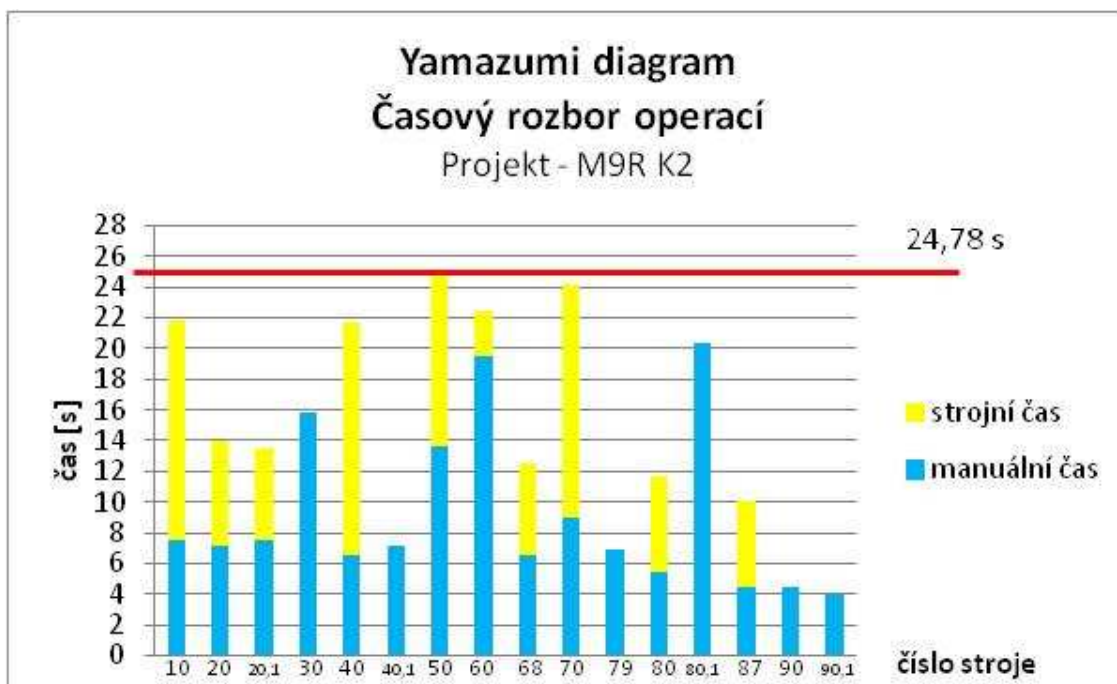
Pro analýzu a měření byly vybrány dva reprezentativní projekty, které pokrývají většinový podíl výroby na lince. Jedná se o projekt M9R K2 a VW2L. Měření bylo provedeno přímou metodou, tedy pomocí měřicí techniky. Každé měření bylo opakováno desetkrát a ze získaných hodnot byl výsledný čas získán váženým průměrem.

3.3.1 Projekt M9R K2

Projekt M9R K2 se zabývá výrobou EGR ventilů do motorů automobilu značky Renault, převážně do typů Master, Traffic, či Laguna.

Projekt byl změřen a zanalyzován ve verzích pro 7 a 6 operátorů. Byl zhotoven Yamazumi diagram a k jednotlivým verzím vytvořen layout linky, operativní plán, graf s taktem linky a spočítán takt zákazníka.

Byly změřeny manuální a strojní časy jednotlivých výrobních operací tohoto projektu. Veškeré údaje jsou zaznamenány v Yamazumi diagramu (viz obr. 14). Na ose horizontální jsou zobrazena čísla strojů a na ose vertikální je čas v sekundách. Čísla strojů byla pro nedostatek místa záměrně zkrácena (např. 10, původně 10000). Modrý sloupec v grafu značí manuální čas a žlutý čas strojní.



Obr. 14: Yamazumi diagram - Časový rozbor operací pro projekt M9R K2
Zdroj: Vlastní zpracování

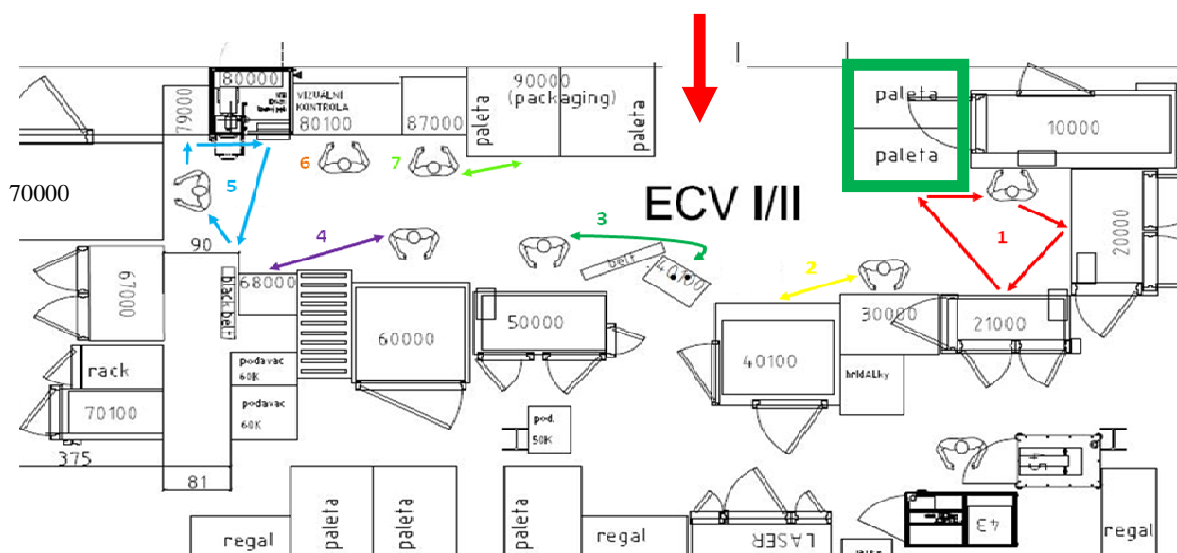
Yamazumi diagram pomáhá vyhodnotit, jak nejlépe rozložit pracovní zatížení mezi operátory, tedy kolik stanic bude každý z operátorů obsluhovat tak, aby nevznikaly prostoje a zásoby v průběhu výroby. Je patrné, že časy jsou zcela odlišné. Například stanice 10 vyžaduje 21,86 s, naproti tomu stanice 87 pouze 10,1 s. Některé stanice vyžadují pouze manuální práci, jiné i práci strojní. Tyto časové údaje byly naměřeny autorkou diplomové práce.

Z diagramu je zřejmé, že nejdéle trvá operace na stanici číslo 50, kde je prováděna montáž motorku. Celkově trvá 24,78 s, z toho 13,68 s je čas manuální a 11,1 s čas strojní.

- **M9R K2, verze pro 7 operátorů**

Následující layout (viz obr. 15) zobrazuje celkové rozvržení výrobních stanic uvnitř linky pro daný projekt a verzi. Silná červená šipka značí vstup do linky o šířce 120 cm. Zelené palety jsou vstupní materiál a tedy začátek výrobní linky.

Do layoutu byl zakreslen špagetový diagram zaznamenávající jednotlivé pohyby všech operátorů. Je zřejmé, že operátor (dále jen OP) číslo 1 obsluhuje stroj 10000, 20000 a 21000, poté se vrací zpět k paletě a začíná své kolečko znovu. Jeho činnost trvá 26,6 s. Druhý OP obsluhuje 30000 a 40000 v čase 24,5 s. OP 3 má na starosti stroj 40100 a 50000 v čase 23 s. OP 4 obsluhuje 60000 a 68000 za čas 28,1 s. OP 5 odebere rozpracovaný kus z dopravníku a přechází ke stanici 70000 a pokračuje 79000, 80000 a zpět k dopravníku. To vše za 25,6 s. OP 6 má na starosti vizuální kontrolu na stanici 80100, která trvá 20,3 s pro jeden kus. OP 7 obsluhuje stroj 87000, po vyjmutí výrobku ze stanice následuje kontrola a uložení kusu do balení. Tento operátor se také věnuje přípravě balícího materiálu. Činnost mu trvá celkem 20,9 s.



Obr. 15: Layout ECVI/II linky pro projekt M9R K2, verze 7 operátorů

Zdroj: Layout – Interní zdroj z Continental; Špagetový diagram – vlastní zpracování

Pro detailní přehled jednotlivých operací byla vytvořena tabulka - operativní plán linky (viz tab. 2). Ta stručně popisuje operace, udává přehled manuálních a strojních časů, a potřebný čas k přemístění operátora mezi stanicemi. Je zde uveden kumulativní čas, který zahrnuje průběžný součet manuálního času a chůze.

Situace bude vysvětlena na OP 1. Jak lze vidět z tabulky, daný operátor obsluhuje celkem 3 stanice. Manuální čas první stanice je 7,56 s, po spuštění stroje následuje chůze 1,08 s k další stanici. Než tedy operátor dojde ke stanici číslo dvě, uplyne 8,6 s. Manuální čas

druhé stanice je 7,2 s a následující chůze je opět 1,08 s. Kumulativní součet, neboli čas než se operátor přemístí od první stanice ke třetí, je 16,9 s. Manuální čas na třetí stanici trvá 7,56 s. Poté se za 2,16 s přemístí ke vstupnímu materiálu, vyjme díl a začíná opět na stanici první. Celé kolečko operátorovi trvá 26,6 s. Dá se tedy říct, že se strojní časy překrývají s časy manuálními. Operátor nečeká, než stanice dokončí svou činnost, ale po tuto dobu se věnuje činnosti další.

Výše popsaný proces byl zanalyzován u každého operátora. Nejdelší kumulativní čas určuje takt celé linky. V případě analyzovaného projektu ve verzi se sedmi operátory jde o práci OP 4, a to v čase 28,1 s.

Tab. 2: Operativní plán linky pro projekt M9R K2, verze 7 operátorů

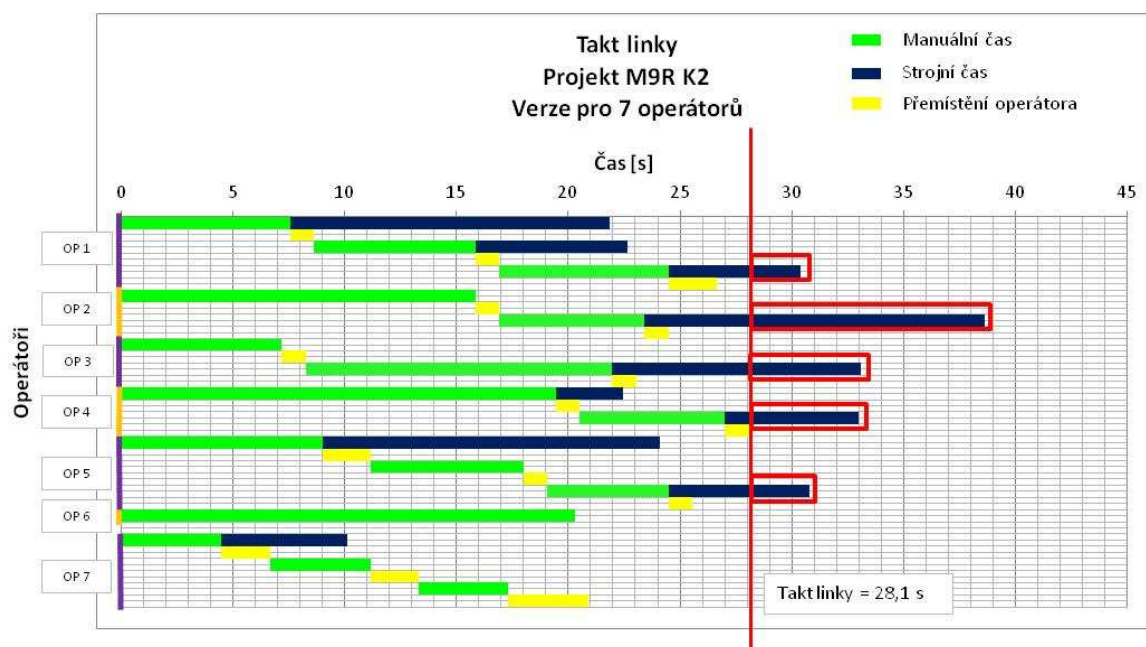
Operativní plán linky
Projekt M9R K2
Varianta pro 7 operátorů

Operátor číslo	Stanice číslo	Popis operací	Čas [s]			
			Manuální	Strojní	Kroky	Kumulativní
1	10	Kontrola housingu , vyjmutí a založení do přípravku včetně ložisek a zapnutí stanice.	7,56	14,30	1,08	8,6
1	20	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně sedla a zapnutí stanice.	7,20	6,80	1,08	16,9
1	20,1	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně kolíků.	7,56	5,90	2,16	26,6
2	30	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže klapy, hřídelky a pružiny do housingu.	15,84	0,00	1,08	16,9
2	40	Založení a vyndání housingu z přípravku včetně zapnutí stanice.	6,48	15,20	1,08	24,5
3	40,1	Kontrola sváru pod mikroskopem, označení housingu a odložení na dopravník.	7,20	0,00	1,08	8,3
3	50	Montáž motoru - nasazení housingu, podložky, motoru do přípravku a sepnutí šroubováků.	13,68	11,10	1,08	23,0
4	60	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže podložky, kolečka a senzoru do housingu.	19,44	3,00	1,08	20,5
4	68	Založení housingu do programovací stanice, spuštění stanice.	6,48	6,00	1,08	28,1
5	70	Vyjmutí a založení výrobku do stanice, zapojení konektoru, zapnutí startovacího tlačítka.	9,00	15,10	2,16	11,2
5	79	Nasazení gasketů na výrobek.	6,84	0,00	1,08	19,1
5	80	Vyjmutí a založení výrobku do stanice včetně zapnutí stanice.	5,40	6,30	1,08	25,6
6	80,1	Vizuální kontrola výrobku.	20,33	0,00	0,00	20,3
7	87	Kamerová stanice - založení výrobku do stanice a zapnutí.	4,50	5,60	2,16	6,7
7	90	Vyjmutí housingu z kamerové stanice, zkontrolování a uložení do balení.	4,50	0,00	2,16	13,3
7	90	Příprava balícího materiálu.	4,0	0,0	3,60	20,9

Zdroj: Vlastní zpracování

Následující graf zobrazuje takt linky (viz obr. 16) a vystihuje situaci, která byla vysvětlena v předchozím textu pro prvního operátora. Osa horizontální je zastoupena časem v sekundách a osa vertikální jednotlivými operátory. Zelená část sloupce značí manuální čas, modrá strojní čas a žlutá čas pro přemístění operátora k následující stanici. Z grafu jsou zřetelné překrývající se manuální časy se strojními. Takt linky je vyznačen červenou přímkou v čase 28,1 s. Část modrého sloupce v červeném rámečku se nachází za taktem

linky. Je tvořen strojním časem poslední stanice téměř každého operátora, jejíž činnost je dokončena v době, kdy se operátor vrací na počátek a věnuje se opět první stanici. Část sloupce za červenou přímkou tedy nijak nenarušuje takt linky, který byl změřen.



Obr. 16: Takt linky pro projekt M9R K2, verze 7 operátorů
Zdroj: Vlastní zpracování

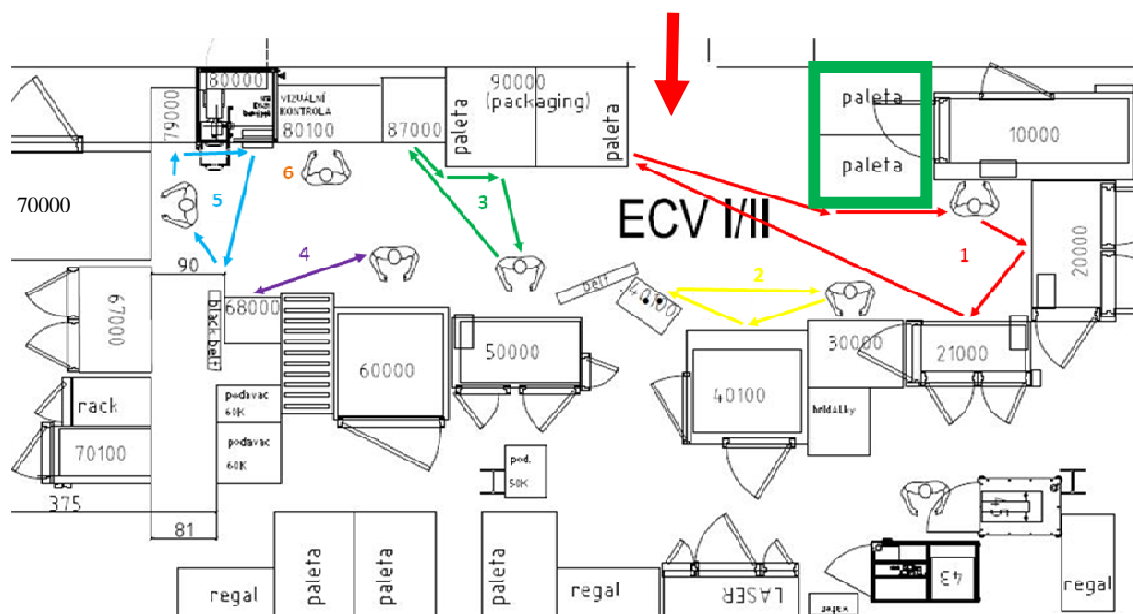
- **M9R K2, verze pro 6 operátorů**

Jelikož se jedná o stejný projekt, layout pracoviště (viz obr. 17) a typ strojů je naprosto stejný jako u předcházející verze. Jedinou změnou je počet operátorů uvnitř linky.

Z důvodu, že se v lince nachází o jednoho operátora méně, bude téměř každý z nich obsluhovat více stanic. Tento fakt se projeví v taktu linky, který bude delší.

Červená šipka opět značí vstup do linky a zelená paleta vstupní materiál. První OP obsluhuje stanici 10000, 20000, 21000 a pokud je třeba, připravuje balící materiál. Poté se vrací zpět k první stanici. Vše trvá 32,8 s. Druhý OP se věnuje stanici 30000, 40000 a 40100 v čase 32,8 s. OP 3 pracuje na 50000, dále přechází na kamerovou stanici 87000, hotový kus vyjme a vloží do balení. Činnost trvá 28,1 s. OP 4 má činnost stejnou jako

u předchozí verze, a to stanici 60000 a 68000 v čase 28,1 s. OP 5 je na tom obdobně, tedy odebere kus z dopravníku, pokračuje na stanici 70000, dále 79000, 80000 a poté se vrací zpět k dopravníku, to vše za 29,2 s. OP 6 obsluhuje stanici 80100 a to vizuální kontrolu v čase 20,3 s.



Obr. 17: Layout ECVI/II linky pro projekt M9R K2, verze 6 operátorů

Zdroj: Layout – Interní zdroj z Continental; Špagetový diagram – vlastní zpracování

Operativní plán linky (viz tab. 3) opět popisuje jednotlivé operace, zobrazuje časy k operacím a zřehledňuje, který operátor obsluhuje jakou stanici. Pomocí kumulativního součtu manuálního času a času pro chůzi lze určit takt linky, který se nachází u druhého OP s časem 32,8 s.

Tab. 3: Operativní plán linky pro projekt M9R K2, verze 6 operátorů

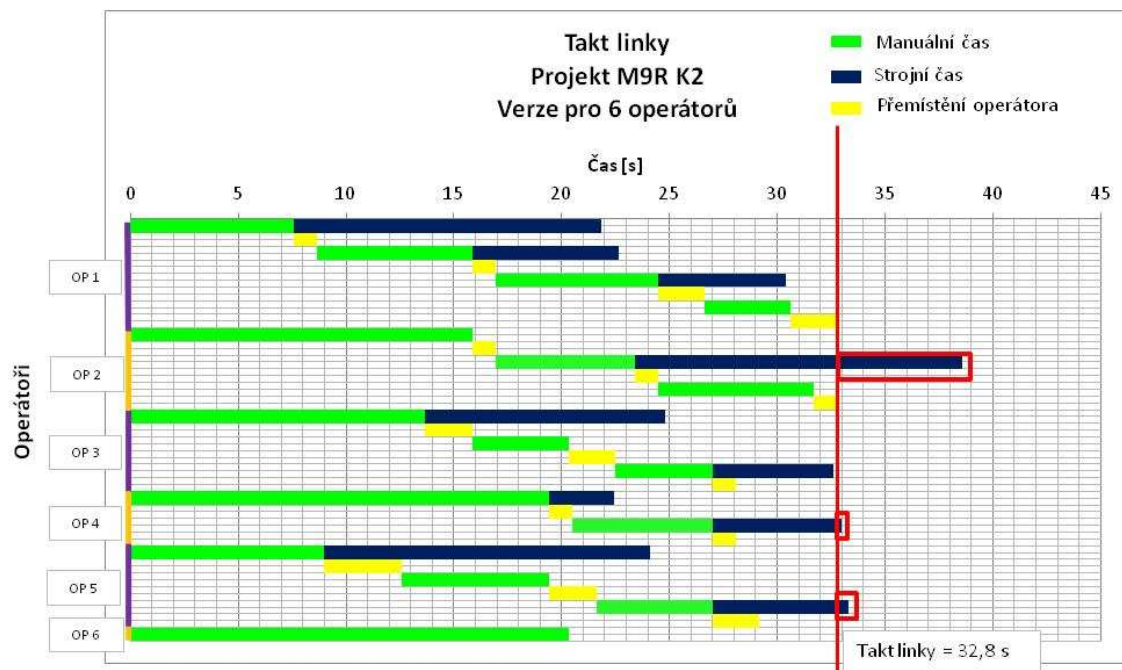
Operativní plán linky
Projekt M9R K2
Varianta pro 6 operátorů

Operátor číslo	Stanice číslo	Popis operací	Čas [s]			
			Manuální	Strojní	Kroky	Kumulativní
1	10	Kontrola housingu , vyjmutí a založení do přípravku včetně ložisek a zapnutí stanice.	7,56	14,30	1,08	8,6
1	20	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně sedla a zapnutí stanice.	7,20	6,80	1,08	16,9
1	20,1	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně kolíků.	7,56	5,90	2,16	26,6
1	90	Příprava balícího materiálu.	4,0	0,0	2,16	32,8
2	30	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže klapky, hřídelky a pružiny do housingu.	15,84	0,00	1,08	16,9
2	40	Založení a vyjmutí housingu z přípravku včetně zapnutí stanice.	6,48	15,20	1,08	24,5
2	40,1	Kontrola sváru pod mikroskopem, označení housingu a odložení na dopravník.	7,20	0,00	1,08	32,8
3	50	Montáž motoru - nasazení housingu, podložky, motoru do přípravku a sepnutí šroubováků.	13,68	11,10	2,16	15,8
3	87	Kamerová stanice - založení výrobku do stanice a zapnutí.	4,50	5,60	1,08	21,4
3	90	Vyjmutí housingu z kamerové stanice, zkontrolování a uložení do balení.	4,50	0,00	2,16	28,1
4	60	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže podložky, kolečka a senzoru do housingu.	19,44	3,00	1,08	20,5
4	68	Lepení štítku na senzor v přípravku.	6,48	6,00	1,08	28,1
5	70	Vyjmutí a založení výrobku do stanice, zapojení konektoru, zapnutí startovacího tlačítka.	9,00	15,10	3,60	12,6
5	79	Nasazení gasketů na výrobek.	6,84	0,00	2,16	21,6
5	80	Vyjmutí a založení výrobku do stanice včetně zapnutí stanice.	5,40	6,30	2,16	29,2
6	80,1	Vizuální kontrola výrobku.	20,33	0,00	0,00	20,3

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf taktu linky (viz obr. 18) zobrazuje sled veškerých činností během výroby. Osa horizontální nese čas v sekundách a vertikální jednotlivé operátory. Sloupce grafu jsou rozděleny do manuálního a strojního času a času potřebného k přemístění operátora.

Takt linky je vyznačen červenou přímkou v čase 32,8 s. Červeně orámovaná část sloupce strojního času, nacházející se za červenou přímkou, takt linky nenarušuje. Než se operátor přemístí zpět k této stanici, je její činnost dokončena.



Obr. 18: Takt linky pro projekt M9R K2, verze 6 operátorů
Zdroj: Vlastní zpracování

- **Zákaznický takt pro projekt M9R K2**

Tato kapitola se zabývá výpočtem taktu zákazníka pro projekt M9R K2. Zákaznický takt vychází z objemu poptávky a cílem jeho výpočtu je zesynchronizovat výrobu s poptávkou tak, aby byl dodržen koncept Just In Time, tedy vyrobit pouze to co zákazník poptává v daném čase.

Čistý pracovní fond za období

1 směna 480 min ($8 \cdot 60 = 480$)

Start směny - 10 min

Oběd - 30 min

Čas celkem = 440 min/směna

Celkový čas spadající na jednu směnu byl ponížěn o čas potřebný ke startu směny a o čas, který operátoři tráví na obědě. Dostupný pracovní čas na směnu je tedy 440 min.

Suma požadovaných výrobků za období

Poptávka zákazníka projektu M9R K2 je 600 ks za směnu. Týdně si zákazník odebírá 6000 ks. ECV I/II linka tedy vyrábí ve dvou směnách, pět dní v týdnu.

Výpočet zákaznického taktu

$$\text{ZÁKAZNICKÝ TAKT} = \frac{\text{Čistý pracovní fond za období}}{\text{Suma požadovaných výrobků za období}} \quad (6)$$

$$\text{ZÁKAZNICKÝ TAKT} = \frac{440}{600} = 0,73 \text{ min/ks} = \mathbf{43,8 \text{ s/ks}}$$

Takt zákazníka pro daný projekt je 43,8 s. Znamená to tedy, že zákazník poptává každých 43,8 s jeden kus.

Upravený zákaznický takt dle OEE

OEE neboli ukazatel efektivity výroby v sobě zahrnuje 3 parametry - využití, výkon a kvalitu.

OEE téměř nikdy nedosahuje hodnoty 100%. Je ponížen o plánované a neplánované prostoje, nebo ztrátu kvality během výrobního procesu. Naměřené OEE na divizi S&A je 85%.

$$\text{UPRAVENÝ ZÁKAZNICKÝ TAKT} = 43,8 * 0,85 = \mathbf{37,23 \text{ s}} \quad (7)$$

Upravený takt zákazníka ponížený o OEE je 37,23 s. Tento údaj je však pouze pro interní potřeby, kdy je důležité počítat s určitou ztrátou výkonu. Zákazníkova poptávka se nemění, stále požaduje 1 kus každých 43,8 s.

M9R K2, verze 7 operátorů

Takt linky = 28,1 s

Linka je schopná každých 28,1 s vyprodukovat jeden kus výrobku.

M9R K2, verze 6 operátorů

Takt linky = 32,8 s

Linka je schopná každých 32,8 s vyprodukovat jeden kus výrobku.

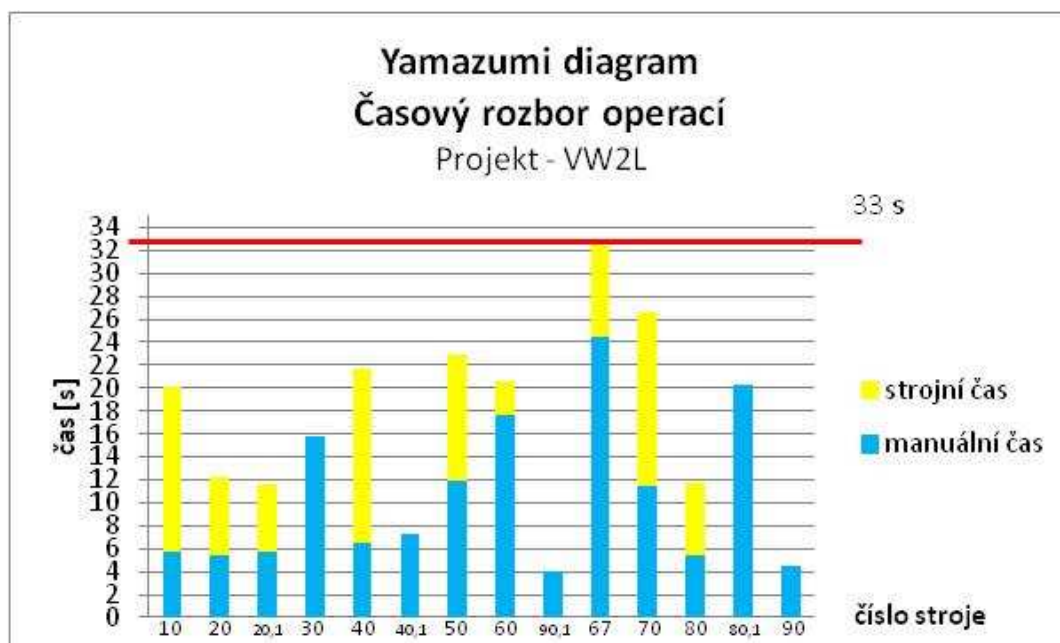
Z výše vypočteného zákaznického taktu, který byl 37,23 s je zřejmé, že obě verze projektu M9R K2 jsou se svými takty linky v mezích tohoto času. Výroba požadovaného množství kusů je tedy splněna.

3.3.2 Projekt VW2L

Projekt VW2L se zabývá výrobou EGR ventilů do motoru automobilů značky Volkswagen.

Projekt byl opět změřen a zanalyzován ve verzích pro 7 a 6 operátorů. Byl zhotoven Yamazumi diagram a k jednotlivým verzím vytvořen layout linky, operativní plán, graf s taktem linky a spočítán takt zákazníka.

Yamazumi diagram (viz obr. 19) zobrazuje změřené manuální a strojní časy jednotlivých výrobních operací. Na ose horizontální jsou zobrazena čísla strojů a na ose vertikální je čas v sekundách. Modrý sloupec v grafu značí manuální čas a žlutý čas strojní.



Obr. 19: Yamazumi diagram - Časový rozbor operací pro projekt VW2L
Zdroj: Vlastní zpracování

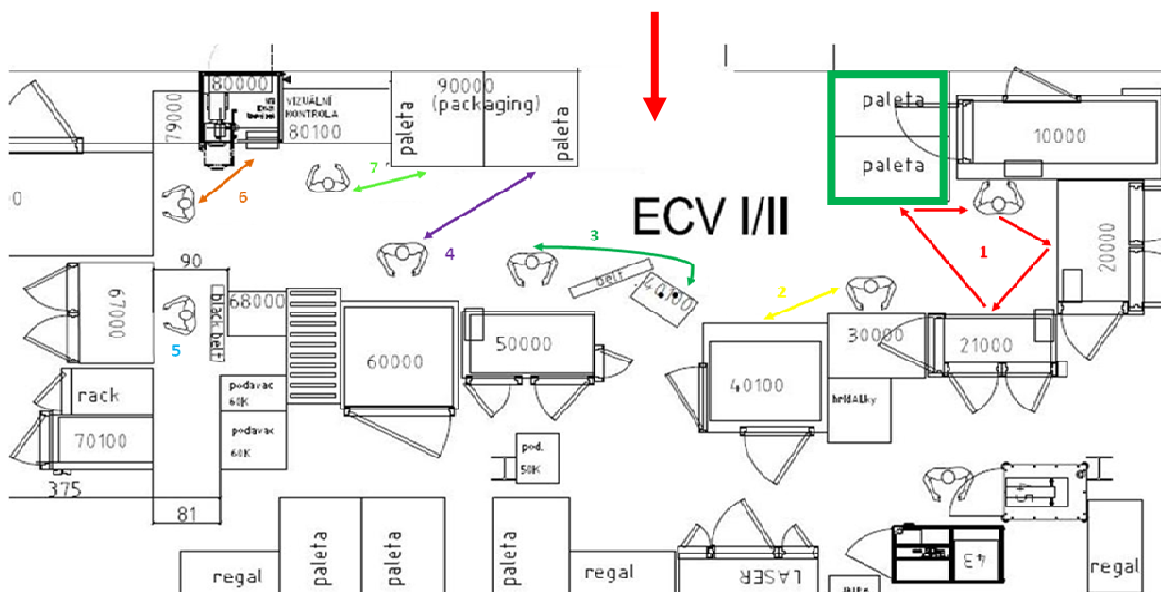
Pomocí Yamazumi diagramu bylo zatížení pracovních činností na operátory rozloženo tak, aby byl průběh výroby plynulý, a nedocházelo k situacím přetížení jednoho operátora a nedostatečné zatížení operátora druhého. Správným vybalancováním procesu nevzniká prostoje ani hromadící se rozpracované kusy. Některé stanice vyžadují pouze manuální práci, jiné i práci strojní. Tyto časové údaje byly naměřeny autorkou diplomové práce.

Diagram poukazuje na nejdéle trvající operaci na stanici číslo 67, kde se provádí lisování trubiček. Celkově trvá 33 s z čehož 24,5 s je čas manuální a 8,5 s čas strojní.

- **Projekt VW2L, verze pro 7 operátorů**

Layout pracoviště (viz obr. 20) zobrazuje rozvržení výrobních stanic uvnitř linky pro daný projekt. Silná červená šipka značí vstup do linky a zelené palety vstupní materiál.

Špagetový diagram definuje pohyby operátorů. OP 1, stejně jako v předchozím projektu, obsluhuje stanici 10000, 20000 a 21000, poté přechází k zelené paletě a vrací se k první stanici. Čas jeho obsluhy je 21,2 s. OP 2 se věnuje stanicím 30000 a 40000 v čase 24,5 s. OP 3 pracuje na mikroskopu 40100 a montáži motorku 50000 v čase 21,2 s. OP 4 má na starost 60000 a přípravu balícího materiálu v čase 25,2 s. OP 5 obsluhuje pouze jednu stanici, a to 67000 s časem 24,5 s. OP 6 obsluhuje 70000 a 80000 v čase 26,6 s. OP 7 má na starost pouze vizuální kontrolu 80100 a uložení hotového kusu do balení. Činnost posledního operátora trvá 25,9 s.



Obr. 20: Layout ECVI/II linky pro projekt VW2L, verze 7 operátorů

Zdroj: Layout – Interní zdroj z Continental; Špagetový diagram – vlastní zpracování

Operativní plán linky (viz tab. 4) opět popisuje jednotlivé operace, zobrazuje časy k operacím a definuje, který operátor obsluhuje danou stanici. Kumulativní součet manuálního času a času pro chůzi udává takt linky, který se nachází u OP 6 s časem 26,6 s.

Tab. 4: Operativní plán linky pro projekt VW2L, verze 7 operátorů

Operativní plán linky

Projekt VW2L

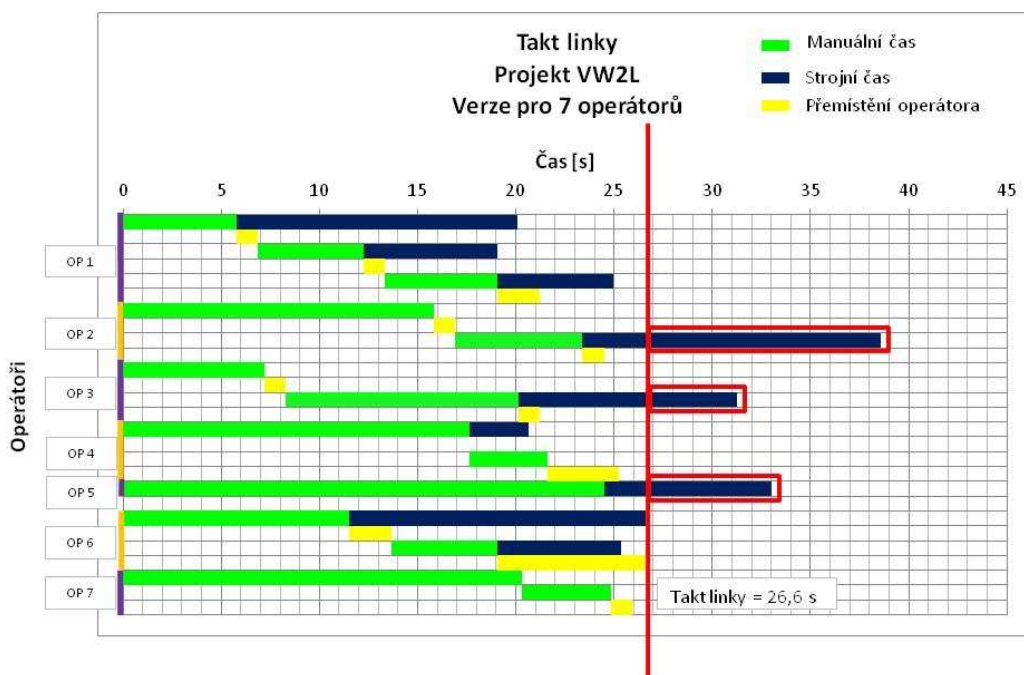
Varianta pro 7 operátorů

Operátor číslo	Stanice číslo	Popis operace	Čas [s]			
			Manuální	Strojní	Kroky	Kumulativní
1	10	Kontrola housingu, vyjmutí a založení do přípravku včetně ložisek a zapnutí stanice.	5,76	14,30	1,08	6,8
1	20	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně sedla a zapnutí stanice.	5,40	6,80	1,08	13,3
1	20,1	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně kolíků.	5,76	5,90	2,16	21,2
2	30	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže klapky, hřídelky a pružiny do housingu.	15,84	0,00	1,08	16,9
2	40	Založení a vyjmutí housingu z přípravku včetně zapnutí stanice.	6,48	15,20	1,08	24,5
3	40,1	Kontrola sváru pod mikroskopem, označení housingu a odložení na dopravník.	7,20	0,00	1,08	8,3
3	50	Montáž motoru - nasazení housingu, podložky, motoru do přípravku a sepnutí šroubováků.	11,88	11,10	1,08	21,2
4	60	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže podložky, kolečka a senzoru do housingu.	17,64	3,00	0,00	17,6
4	90	Příprava balícího materiálu.	4,00	0,00	3,60	25,2
5	67	Lisování 2 trubiček a 1 capu, včetně nanesení lepidla a spuštění stanice.	24,50	8,50	0,00	24,5
6	70	Vyjmutí a založení výrobku do stanice, zapojení konektoru, zapnutí startovacího tlačítka + otevření lepidla po lisování.	11,50	15,10	2,16	13,7
6	80	Vyjmutí a založení výrobku do stanice včetně zapnutí stanice (6,5 s čekání na tester).	5,40	6,30	7,58	26,6
7	80,1	Vizuální kontrola výrobku.	20,33	0,00	0,00	20,3
7	90	Kontrola a uložení do balení.	4,50	0,00	1,08	25,9

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf taktu linky (viz obr. 21) opět zobrazuje sled veškerých činností během výroby. Rozvržení grafu je stejné jako u předchozích verzí.

Takt linky je vyznačen červenou přímkou v čase 26,6 s. Červeně orámovaná část sloupce strojního času, nacházející se za červenou přímkou, takt linky nenarušuje. Než se operátor přemístí zpět k této stanici, je její činnost dokončena.



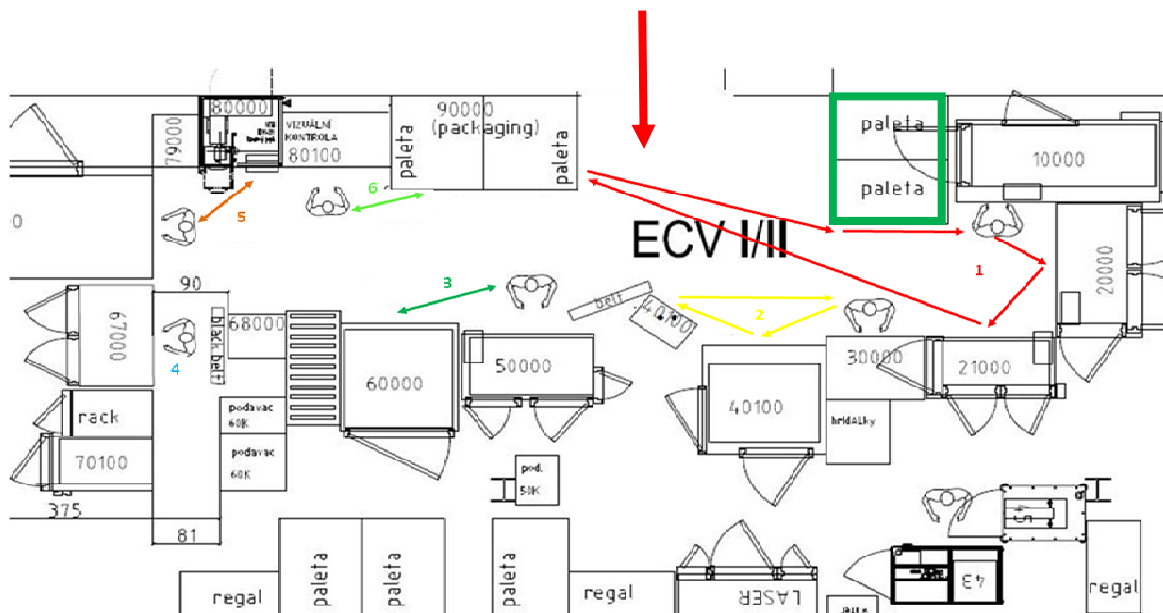
Obr. 21: Takt linky pro projekt VW2L, verze 7 operátorů
Zdroj: Vlastní zpracování

- **Projekt VW2L, verze pro 6 operátorů**

Layout pracoviště (viz obr. 22) je totožný s předchozí verzí. Rozdíl je v počtu operátorů a jejich zatížení. Silná červená šipka je vstup do linky a zelené palety vstupní materiál.

Špagetový diagram opět vystihuje pohyby operátorů, které vykonají v průběhu výroby. OP 1 obsluhuje první tři stanice a má na starosti také přípravu balícího materiálu. Jeho činnost trvá 28,8 s. OP 2 je na stanici 30000, 40000 a 40100 s časem 33,8 s. OP 3 obsluhuje stanici

50000 a 60000 v čase 31,7 s. OP 4 je pouze u stanice 67000 s časem 24,5 s. OP 5 má na starost stanici 70000 a 80000 v čase 22,1 s. Poslední OP 6 je u vizuální kontroly 80100 a palety 90000 v čase 25,9 s.



Obr. 22: Layout ECVI/II linky pro projekt VW2L, verze 6 operátorů

Zdroj: Layout – Interní zdroj z Continental; Špagetový diagram – vlastní zpracování

V operativním plánu linky (viz tab. 5) jsou popsány jednotlivé operace, zobrazeny časy k operacím a definováno zatížení operátorů. Kumulativní součet manuálního času a času pro chůzi určuje takt linky, který se nachází u OP 2 s časem 33,8 s.

Tab. 5: Operativní plán linky pro projekt VW2L, verze 6 operátorů

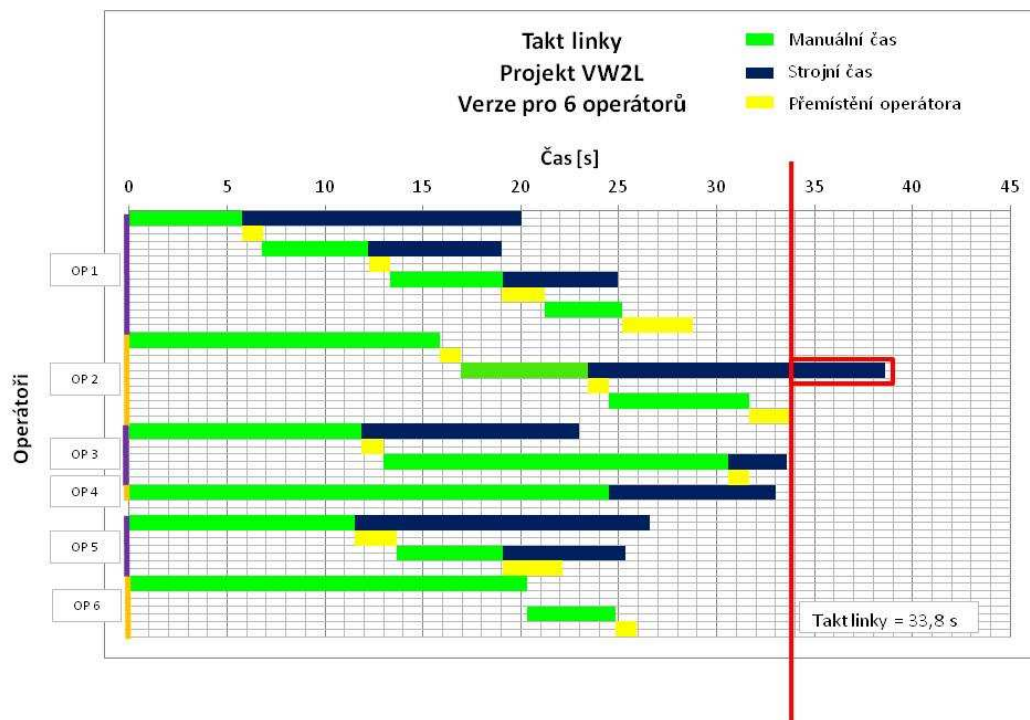
Operativní plán linky
Projekt VW2L
Variantha pro 6 operátorů

Operátor číslo	Stanice číslo	Popis operací	Čas [s]			
			Manuální	Strojní	Kroky	Kumulativní
1	10	Kontrola housingu, vyjmutí a založení do přípravku včetně ložisek a zapnutí stanice.	5,76	14,30	1,08	6,8
1	20	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně sedla a zapnutí stanice.	5,40	6,80	1,08	13,3
1	20,1	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně kolíků.	5,76	5,90	2,16	21,2
1	90	Příprava balícího materiálu.	4,0	0,0	3,60	28,8
2	30	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže klapky, hřídelky a pružiny do housingu.	15,84	0,00	1,08	16,9
2	40	Založení a vyjmutí housingu z přípravku včetně zapnutí stanice.	6,48	15,20	1,08	24,5
2	40,1	Kontrola sváru pod mikroskopem, označení housingu a odložení na dopravník.	7,20	0,00	2,16	33,8
3	50	Montáž motoru - nasazení housingu, podložky, motoru do přípravku a sepnutí šroubováků.	11,88	11,10	1,08	13,0
3	60	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže podložky, kolečka a senzoru do housingu.	17,64	3,00	1,08	31,7
4	67	Lisování 2 trubiček a 1 capu, včetně nanesení lepidla a spuštění stanice.	24,50	8,50	0,00	24,5
5	70	Vyjmutí a založení výrobku do stanice, zapojení konektoru, zapnutí startovacího tlačítka + otření lepidla po lisování.	11,50	15,10	2,16	13,7
5	80	Vyjmutí a založení výrobku do stanice včetně zapnutí stanice (2 s čekání na tester).	5,40	6,30	3,08	22,1
6	80,1	Vizuální kontrola výrobku.	20,33	0,00	0,00	20,3
6	90	Kontrola a uložení do balení.	4,50	0,00	1,08	25,9

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf taktu linky (viz obr. 23) opět zobrazuje sled veškerých činností během výroby. Rozvržení grafu je stejné jako u předchozích verzí.

Takt linky je vyznačen červenou přímkou v čase 33,8 s. Jak již bylo vysvětleno v předchozím textu, červeně orámovaná část sloupce strojního času za červenou přímkou, takt linky nenarušuje. Než se operátor přemístí zpět k této stanici, je její činnost dokončena.



Obr. 23: Takt linky pro projekt VW2L, verze 6 operátorů
Zdroj: Vlastní zpracování

- **Zákaznický takt pro projekt VW2L**

Tato kapitola se zabývá výpočtem taktu zákazníka pro projekt VW2L. Zákaznický takt opět vychází z objemu poptávky.

Pracovní čas za směnu

1 směna 480 min ($8 \cdot 60 = 480$)

Start směny - 10 min

Oběd - 30 min

Čas celkem = 440 min/směna

Celkový pracovní čas za směnu byl ponížen o start směny, kdy stroje nefungují na plný výkon, a čas pro obědovou přestávku. Dostupný pracovní čas na směnu je tedy 440 min.

Požadavek zákazníka za směnu

Poptávka zákazníka projektu VW2L je 550 ks za směnu. Týdně si zákazník odebírá 5500 ks. ECV I/II linka, tedy vyrábí ve dvou směnách, pět dní v týdnu.

Výpočet zákaznického taktu

$$\text{ZÁKAZNICKÝ TAKT} = \frac{\text{Čistý pracovní fond za období}}{\text{Suma požadovaných výrobků za období}} \quad (8)$$

$$\text{ZÁKAZNICKÝ TAKT} = \frac{440}{550} = 0,8 \text{ min/ks} = \mathbf{48 \text{ s/ks}}$$

Takt zákazníka pro daný projekt je 48 s. Znamená to tedy, že každých 48 s zákazník poptává jeden kus.

Upravený zákaznický takt dle OEE

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, neměřené OEE na divizi S&A je 85%.

$$\text{UPRAVENÝ ZÁKAZNICKÝ TAKT} = 48 * 0,85 = \mathbf{40,8 \text{ s}} \quad (9)$$

Upravený takt zákazníka ponížený o OEE je 40,8 s. Údaj opět slouží pro interní potřeby, kdy výroba počítá s určitou ztrátou výkonu. Zákazník tedy stále poptává 1 kus každých 48 s.

VW2L, verze 7 operátorů

Takt linky = 26,6 s

Linka je schopná každých 26,6 s vyprodukovat jeden kus výrobku.

VW2L, verze 6 operátorů

Takt linky = 33,8 s

Linka je schopná každých 33,8 s vyprodukovat jeden kus výrobku.

Vypočtený takt zákazníka byl 40,8 s. Obě verze projektu VW2L jsou tedy se svými takty linky v mezích tohoto času. Výroba požadovaného množství kusů je splněna.

3.3.3 Vyhodnocení měření a analýzy projektu M9R K2 a VW2L

Měření a analýza byla provedena pro dva projekty ve dvou verzích, a to pro 7 a 6 operátorů. Yamazumi diagram zaznamenal manuální a strojní časy jednotlivých stanic. Časy obou projektů se od sebe u pěti stanic nepatrně lišily, přičemž projekt VW2L vykazoval časy spíše kratší. Diagram posloužil k vytaktování výrobní linky tak, aby zatížení operátorů bylo časově rovnoměrné a docházelo k plynulé výrobě s dodržáním toku jednoho kusu.

Layout pracoviště byl v případě obou projektů stejný. Rozdíl byl v konstrukci strojů a počtu obsluhovaných stanic. Projekt M9R K2 byl složen ze 16 stanic a VW2L pouze ze 14.

Po konzultaci s jednotlivými operátory a po důkladné analýze, byly v layoutu pracoviště definovány určité nedostatky, které mohou významně ovlivnit efektivitu celé linky.

Nedostatek č. 1 - První operátor u druhé verze obou projektů přechází k paletám, kde připravuje balení pro finální kusy. Než dojde od stanice 21000 k paletě 90000, musí vykonat 4 kroky, cesta zpět, tj. od 90000 ke stanici 10000 jsou opět 4 kroky.

→ příliš kroků, ztráta času

Nedostatek č. 2 - Třetí operátor v první verzi obou projektů obchází malý dopravník umístěný mezi stanicemi 40100 a 50000.

→ špatná ergonomie práce, zbytečné kroky

Nedostatek č. 3 - Tvar pracoviště, tedy úzké „C“, není vhodný pro aplikaci „Rabbit chase“.

→ rozsáhlá plocha, velké množství kroků

Na dílčí nedostatky se bude aplikovat návrh pro zlepšení. Touto problematikou se zabývá následující kapitola.

3.4 Návrhy ke zlepšení

Tato kapitola pojednává o návrhu zlepšení k odstranění nedostatků. Nedostatky byly nalezeny v průběhu výroby, tedy po konzultaci s operátory, a při provedené analýze.

Návrh řešení nedostatku č. 1

Operátor přechází k paletě z důvodu přípravy balení pro finální kusy. Je otázkou, zda balení nemůže připravit logistika, manipulát či seřizovač dané linky. Balení by bylo doplňováno v průběhu výroby dle potřeby. Tímto by operace pro operátora mohla být úplně odstraněna. Druhým řešením by mohla být příprava balení v době přestavby linky, kdy operátoři nejsou plně využiti. V tomto případě by měl být k dispozici regál, ve kterém by se balení skladovalo.

Návrh řešení nedostatku č. 2

Dopravník byl používán z důvodu časové nevyváženosti druhé verze v případě obou projektů. Druhý operátor dosahuje nižšího času než operátor třetí, vyskytuje se zde tedy tok dvou kusů. Návrh zní dopravník odstranit a nahradit odkládací plošinou pro dva kusy.

Návrh řešení nedostatku č. 3

Vytvořit nový, vhodnější layout pracoviště, který bude odpovídat aplikaci „Rabbit chase“. Tímto tématem se bude zabývat následující kapitola.

3.4.1 Návrh nového layoutu ECV I/II linky

Po úspěšném zavedení „Rabbit chase“ na jednu z výrobních linek ve výrobě S&A, bylo vedoucím výroby rozhodnuto, pokračovat v aplikaci metody i na ostatní pracoviště. Zavádět „Rabbit chase“ s sebou přináší určité požadavky na změnu layoutu výrobní linky. Jak již bylo vysvětleno v teoretické části této diplomové práce, metoda spočívá v tom, že všichni operátoři obsluhují všechny stroje. Každý operátor začíná u prvního stroje a končí u posledního, poté jde kolečko znovu. Operátoři tedy chodí za sebou v určitém rozestupu a v podstatě se vzájemně stíhají. Odtud metoda získala název „Rabbit chase“ neboli „Hon na zajíce“. Layout by měl být co nejméně prostorově náročný, aby chůze operátory příliš

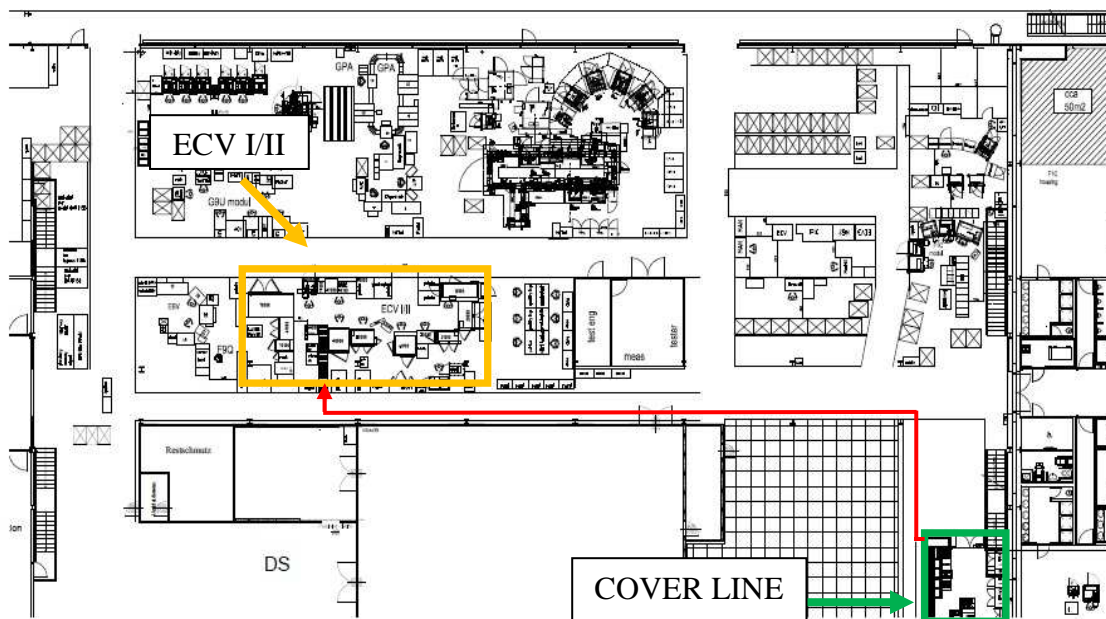
nevyčerpávala. Dosavadní tvar velmi úzkého „C“ není nejvhodnějším z důvodu délky pracoviště.

Před samotnou přípravou návrhu nového layoutu je třeba definovat výrobní prostor, který bude pro výrobní linku použitý.

- **Definice výrobního prostoru**

Výrobní prostor, který doposud patří lince ECV I/II, bude již od roku 2014 využit pro nový projekt o velké rozloze. Linka ECV I/II bude muset být přemístěna. Proto je třeba zanalyzovat výrobní prostředí a navrhnout vhodnou variantu pro umístění.

Obr. 24 zobrazuje současný půdorys celé výrobní haly na S&A divizi. Dosavadní umístění linky ECV I/II je v obrázku označeno oranžovou barvou. Analyzovaná linka je závislá na jiné výrobní lince, tzv. COVER LINE, která je označena barvou zelenou.

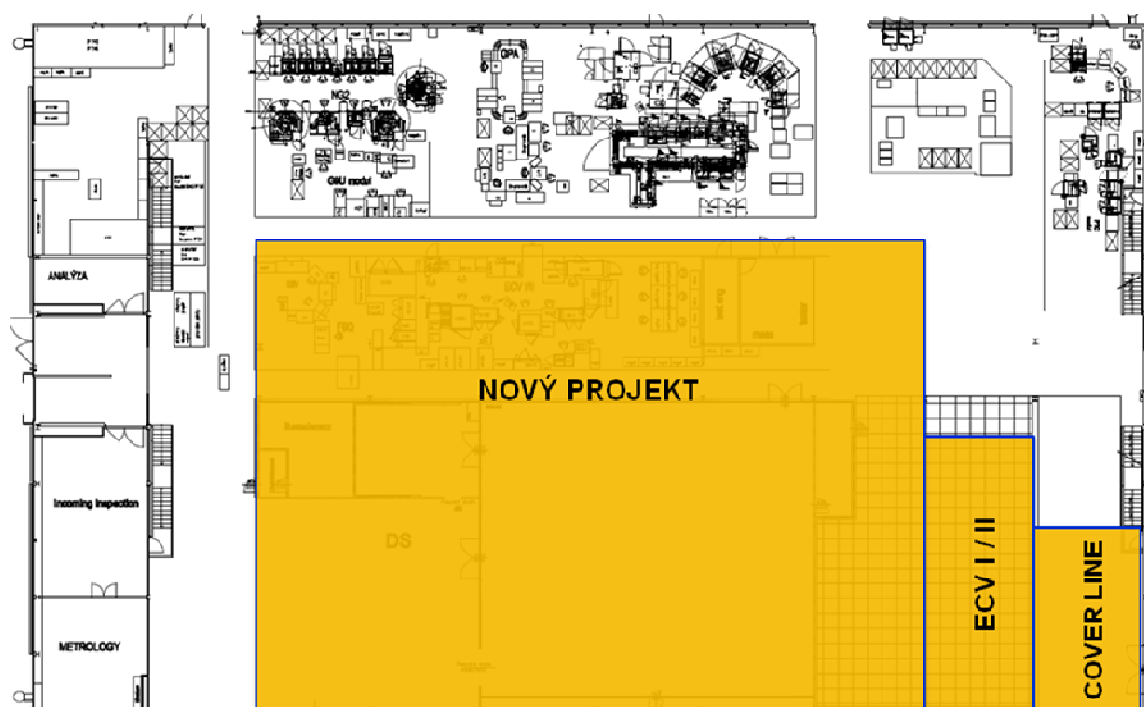


Obr. 24: Současný layout celé výrobní haly na S&A divizi

Zdroj: Layout – Interní zdroj z Continental; popis – vlastní zpracování

Výrobní linka COVER LINE vyrábí kryty EGR ventilů, které se používají pro analyzovanou linku. Červená šipka definuje současnou trasu pro přepravu krytů

Z důvodu vzájemné závislosti obou linek, bylo navrženo přemístit ECV I/II do blízkosti COVER LINE. Kryty tak nemusí být přepravovány přes celou halu, ale budou dopraveny přímo do linky. Z nového prostoru muselo být odstraněno pracoviště, které bylo na dobu určitou propůjčeno ES divizi. Nově vzniklý prostor pro ECV I/II linku má rozlohu 170 m². Odpovídá tedy požadavkům rozlohy linky. Obrázek č. 25 nabízí náhled budoucího stavu výrobní haly na S&A divizi.



- **Varianty návrhu nového layoutu**

64

- Dodržení sledu operací, který je dán technologií výroby.
- Směr otevírání skříní jednotlivých stanic pro výměnu upínek (hlava stroje). Zde se vyskytl problém u stanic 10000, 20000 a 21000. U zmíněných stanic je boční otevírání dveří, a tudíž musely být sestaveny do tvaru písmene „U“, aby byl přístup dostupný.
- Mezi stanicí 40100 a 50000 již nemusí být umístěn dopravník, který byl vytýkán jako jeden z nedostatků. Po zavedení „Rabbit chase“ zde nehrozí hromadící se kusy.
- Správná ergonomie práce a bezpečnost na pracovišti. V uličce, tedy v meziprostoru, kde se budou operátoři míjet, je kladen požadavek na prostor minimálně 200 cm. V lince musí být dva únikové východy o šířce minimálně 90 cm. Stanoviště se nekříží, ani by neměly vznikat ostré hrany.
- Z vnější strany linky musí být ponechán prostor minimálně 90 cm pro výměnu upínek.
- Vymezený prostor k sestavení linky je omezen rozlohou 10 m šířky a 17 m délky.

Při návrhu došlo i k jistým technologickým změnám, rozhodnutým technology. Konkrétně programovací stanice 68000 byla vyměněna za 70100, která již byla majetkem společnosti a nepředstavovala tak nadbytečné náklady. Tester 70000 byl pro stárí, a tím omezenou funkčnost nahrazen stanicí 70200. Jde o úplně nový tester, který bylo potřeba koupit. Představuje tak nadbytečné náklady.

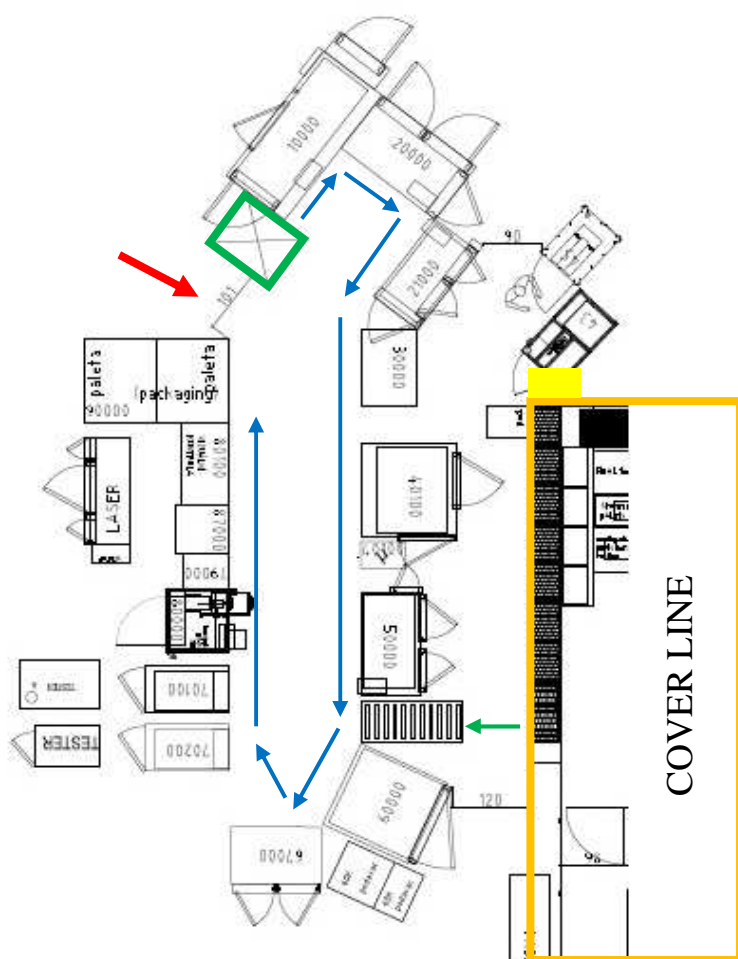
Při dodržení všech výše uvedených kritérií a při aplikaci technologických změn, byly zhotoveny tři návrhy nového layoutu. V následujícím textu budou detailně popsány, zhodnoceny, a na základě výsledků bude vybrán nejlepší z návrhů, který se bude aplikovat v praxi.

NÁVRH LAYOUTU 1

Od počátku tvorby návrhu 1 (viz obr. 26) se vycházelo z myšlenky, navázat výstupní dopravník z COVER LINE (zelená šipka), na vstupní dopravník do linky. Výstup z COVER LINE byl dříve umístěn v jiném prostoru (žlutý obdélník). Z důvodu nedostatečného prostoru pro linku v její horní části, byl však zvolen za nevhodný, a přemístěn do aktuálních míst.

Červená šipka značí vstup do linky, zelená paleta je vstupní materiál a modré šipky směr obsluhy linky. Jak již bylo zmíněno, z důvodu dostupnosti do skříní, byly stanice 10000, 20000 a 21000 sestaveny do tvaru písmene „U“. Tyto stanice musely být vytočeny o 45° směrem doprava, v jiném případě by byl prostor příliš uzavřený. Stanice 30000 spočívá v manuální práci, pracovní stůl je pojízdný a nevádí tedy, že je skříň stanice 21000 otevírána směrem k němu. Mezi stanicemi 30000 a 40100 je nutné ponechat prostor 60 cm pro manipulační prostor. Následuje kamerový mikroskop 40100b a stanice 50000. Z důvodu zásobování, je důležité stanici 60000 umístit vedle dopravníku na covery. Mezi stanicí 67000 a testerem 70200 je ponechán druhý únikový východ v šíři 90 cm. Mezi stanicí 70200 a 70100 je třeba ponechat malý prostor pro tzv. reject boxy o šířce 30 cm. Stanice 80000, 79000, 87000 a 80100 mohou být umístěny v těsné blízkosti. Pro dostatek prostoru ke vchodu do linky, bylo nutné palety výstupního materiálu vytočit o 90°. Pracoviště mimo linku, tj. 43 a 45, bylo umístěno do blízkosti stanice 30000, která je těmito stanicemi zásobena hřídelkami.

Byl změřen vnitřní obvod linky, tedy kopie cesty, kterou budou operátoři chodit. Délka cesty je 22,8 m. Rozloha linky je 109 m².



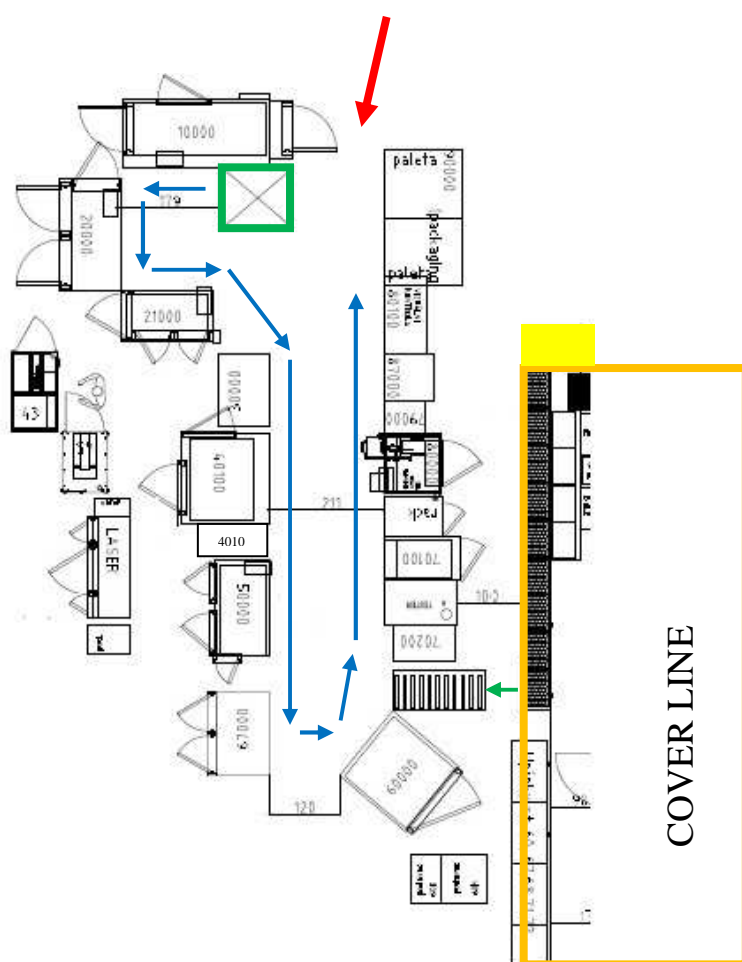
Obr. 26: Návrh layoutu 1
Zdroj: Vlastní zpracování

NÁVRH LAYOUTU 2

Při návrhu layoutu 2 (viz obr. 27) bylo opět vycházeno ze snahy navázat dopravník z COVER LINE (zelená šipka) na dopravník do linky. Layout byl v tomto případě otočen zrcadlově, tedy začátek linky již není na pravé straně, ale na levé. Pro operátory jde o zásadní změnu. Doposud obsluhovali linku po směru hodinových ručiček, nyní budou mít směr otočen. Nicméně k zavádění „Rabbit chase“ do výrobní linky, se tato varianta doporučuje z důvodu lepší manipulace pro praváky.

Žlutý obdélník značí původní výstup coverů z COVER LINE, který byl posunut do aktuálních míst. Červená šipka značí vstup do linky, zelená paleta vstupní materiál a modré šipky definují směr obsluhy linky.

První tři stanice jsou opět sestaveny do tvaru „U“. Stanice 30000 svírá s předchozí stanicí úhel 90^0 . Jelikož je stanice 30000 pojízdná, směr otevírání dveří stanice 40100 není překážkou. Následuje kamerový mikroskop, stanice 50000 a 67000. Dále druhý únikový východ o šířce 120 cm a stanice 60000, která je navázaná na dopravník. Stanice 70200 je napojena na skříň testeru. V předchozím layoutu byla skříň umístěna za stanicí, v tomto případě, z důvodu nedostatečného prostoru za linkou, je to však nemožné. Stejná situace nastává s regálem (rack). Zbývající stanice na sebe plynně navazují. Palety jsou v tomto návrhu rovnoběžně se stanicemi. Vnitřní obvod linky, tedy kopie cesty operátorů je 23,5 m. Rozloha linky je 102 m^2 .



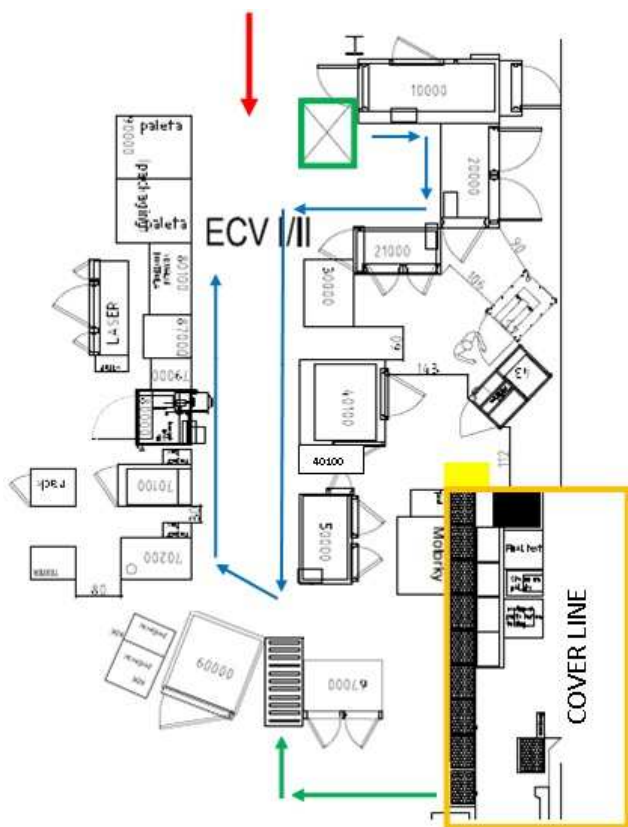
Obr. 27: Návrh layoutu 2
Zdroj: Vlastní zpracování

NÁVRH LAYOUTU 3

Při návrhu layoutu 3 (viz obr. 28) nebylo vycházeno z podmínky napojit dopravník z COVER LINE na dopravník do linky. Tento fakt vyžaduje ruční dopravení palet na dopravník linky. Z toho důvodu byl, pro dostatek místa k manipulaci, celý layout posunut směrem nahoru. Návrh layoutu 3 je práce technologů firmy Continental Trutnov, nikoliv autorky diplomové práce.

Žlutý obdélník opět značí původní výstup coverů z COVER LINE. Červená šipka značí vstup do linky, který je v této variantě nejširší. Zelená paleta je vstupní materiál a modré šipky definují směr obsluhy linky, tedy po směru hodinových ručiček.

Stanice 10000, 20000 a 21000 jsou opět ve tvaru „U“. Stanice 21000 s 30000 svírá úhel 90^0 . Mezi 30000 a 41000 byl ponechán manipulační prostor 60 cm. Druhý únikový východ o šířce 90 cm se nachází mezi 50000 a dopravníkem na covery. Z důvodu nízké frekvence využívání, byla stanice 67000 umístěna do boční uličky linky, a tím byl ušetřen prostor. Na dopravník navazuje stanice 60000, a na ni ostatní stanice. Tester a regál (rack) jsou umístěny za stanicemi 70200 a 70100. Palety pro výstupní kusy rovnoběžně navazují. Vnitřní obvod linky je 23 m a rozloha linky je 106 m^2 .



Obr. 28: Návrh layoutu 3
Zdroj: Vlastní zpracování

3.4.2 Kartonová simulace nového layoutu

Pro vhodný výběr layoutu analyzované linky, byla aplikována krabicová simulace. Pomocí krabicových boxů, které simulovaly jednotlivé strojní zařízení, byla postavena fiktivní linka ECV I/II v novém layoutu, a to ve všech třech verzích. Operátoři, které k celému workshopu bylo potřeba, simulovali obsluhu linky a chodili od stanice ke stanici jako při „Rabbit chase“.

V průběhu byly sledovány převážně tyto parametry:

- Počet kroků, které operátoři vykonali po projití celou linkou.
- Obtížnost obcházení rohu mezi stanicemi 21000 a 30000.
- Vyhovující či nevyhovující obsluha proti směru hodinových ručiček, která byla pro operátory nezvyklou.

Získané poznatky a porovnání jednotlivých návrhů:

- Pro stejnou konstrukci strojů a pro jejich sestavení v požadovaném pořadí, nebylo možné významně měnit délku trasy. Počet kroků všech tří verzí se tedy zásadně neliší. V průměru bylo naměřeno 23 kroků. Jako nevýhodným byl shledán layout číslo 1, u kterého jsou palety pro finální kusy otočeny o 90^0 . Pokud by operátor ukládal hotový kus do druhé části palety, byl by nucen udělat krok navíc směrem ven z linky. Layout 2 a 3 byly hodnoceny stejnou měrou.
- Roh mezi stanicí 21000 a 30000 teoreticky splňuje kritéria bezpečnosti práce. Ani v jednom z případů se nejedná o ostrou hranu rohu. Prakticky, jde o jeden krok navíc. Vzniklý roh umožnil celou linku o 2 m zkrátit, je tedy patrné, že ve výsledku roh chůzi ušetřil.
- K obsluze proti směru hodinových ručiček byli operátoři zpočátku negativní. Po vyzkoušení však nabyli dojmu dokonce lepší manipulace, oproti předchozí verzi. Po příchodu k paletě se vstupním materiálem nebylo nutné protáčet se v pase pro vyjmutí dílu, jako tomu bylo v ostatních dvou návrzích. Operátor tedy pravou rukou vyjme díl z palety, přichází ke stanici 10000, levou rukou vyjme hotový kus a stejnou rukou ho položí na odkládací plochu stanice 20000, poté založí nový kus do první stanice, spustí chod stroje a přechází ke stanici druhé. Pravou rukou uchopí díl, levou vyjme hotový kus ze stanice a stejnou rukou ho pokládá na odkládací plochu stanice 21000, poté pravou rukou založí kus, spustí stroj a přechází k další stanici.

U verze po směru hodinových ručiček nastává situace, kdy operátor přichází k paletě se vstupním materiálem. Vyjme kus pravou rukou a předává ho do levé ruky, aby pravou uvolnil pro vyjmutí hotového kusu ze stanice. Vyjmutý kus pokládá na odkládací plochu stanice druhé, předává vstupní kus zpět do pravé ruky, zakládá díl a spouští stanici.

Je zřejmé, že u verze po směru hodinových ručiček je manipulace náročnější. Každý zbytečný pohyb navíc znamená plýtvání časem i materiálem, a to je ve výrobním procesu nežádoucí. V tomto ohledu byl layout 2 vyhodnocen jako favorit.



Obr.29: Kartonová simulace pro ECV I/II linku
Zdroj: Vlastní zpracování

3.4.3 Vyhodnocení a výběr nového layoutu ECV I/II linky

Vyhodnocení nejlépe navrženého layoutu bylo provedeno metodou míry užitečnosti. Postup hodnocení je specifikován v následujícím textu [24].

ČÁST 1

První část míry užitečnosti pojednává o párovém srovnání hodnotících kritérií, kterým je následovně přiřazena váha důležitosti.

Bylo stanoveno 5 hodnotících kritérií:

- Vnitřní obvod – délka trasy operátora,
- rozloha linky,
- doprava vstupního materiálu – návaznost COVER LINE na dopravník,
- manipulace s materiálem – obtížnosti s manipulací,
- uložení palet pro finální kusy – zda jsou palety uloženy souběžně se stanicemi linky, nebo napříč.

Tab. 6: Párové srovnání a váha kritérií pro nový layout

Kritéria hodnocení		Hodnocení			
1	Vnitřní obvod	1 - 2	1 - 3	1 - 4	1 - 5
2	Rozloha	2 - 3	2 - 4	2 - 5	
3	Doprava vstupního materiálu	3 - 4	3 - 5		
4	Manipulace s materiálem	4 - 5			
5	Uložení palet pro finální kusy				

Kritéria	Body	% váha
1	1	10%
2	1	10%
3	3	30%
4	3	30%
5	2	20%
	10	100%

Zdroj: Vlastní zpracování

Příklad hodnocení:

Vnitřní obvod – hodnocení 1 - 2

Párově se srovnává, co je pro projekt důležitější, zda vnitřní obvod, nebo rozloha linky. Červeně zakroužkovaná číslice značí výsledek. Tedy v tomto případě je prioritní rozloha linky.

Rozloha – hodnocení 2 – 4

V tomto případě se hodnotila rozloha a manipulace s materiálem. Manipulaci s materiálem byla přiřazena vyšší váha než rozloze linky.

Po sečtení bodového hodnocení byla jednotlivým kritériím procentuelně přiřazena váha důležitosti.

Příklad výpočtu:

$$\text{Kritérium 1} = \frac{1}{10} * 100 = 10\%$$

$$\text{Kritérium 3} = \frac{3}{10} * 100 = 30\%$$

Součet všech vah jednotlivých kritérií je 100%.

Z tabulky je zřejmé, že nejvyšší váha je kladena na dopravu vstupního materiálu a manipulaci s materiálem. Naopak nejnižší váha je přiřazena vnitřnímu obvodu a rozloze linky.

ČÁST 2

Druhá část hodnocení dle míry užitečnosti pojednává o objektivním hodnocení všech tří návrhů. V každém kritériu se hledá nejlepší varianta návrhu, která je příslušně obodována.

Tab. 7: Hodnocení kritérií pro návrhy layoutů

	Kritéria hodnocení	% váha	NÁVRH 1		NÁVRH 2		NÁVRH 3	
			body	váha x body	body	váha x body	body	váha x body
1	Vnitřní obvod	10%	3	0,3	1	0,1	2	0,2
2	Rozloha	10%	1	0,1	3	0,3	2	0,2
3	Doprava vstupního materiálu	30%	2	0,6	3	0,9	1	0,3
4	Manipulace s materiálem	30%	2	0,6	3	0,9	2	0,6
5	Uložení palet pro finální kusy	20%	2	0,4	3	0,6	3	0,6
			2		2,8		1,9	

Zdroj: Vlastní zpracování

- Vnitřní obvod je u návrhu 1 nejkratší, proto bylo přiděleno nejvíce bodů – 3.

Návrh 1 = 22,8 m, Návrh 2 = 23,5 m, Návrh 3 = 23 m

- Celková rozloha linky je nejlépe vyřešena v návrhu 2.

Návrh 1 = 109 m², Návrh 2 = 102 m², Návrh 3 = 106 m²

- Vstupní materiál je do linky nejlépe dopravován u návrhu 2.

Návrh 1 = výstup z COVER LINE navazuje na dopravník do linky, ale z důvodu průchodnosti v její zadní části, není možné dopravník přímo navázat. Paleta bude muset být dopravena operátorem ručně.

Návrh 2 = výstup z COVER LINE přímo navazuje na dopravník do linky.

Návrh 3 = Dopravník nenavazuje na výstup z COVER LINE. Operátoři tedy musí přenášet paletu s kryty do vzdálenosti 3 m.

- Díky obsluze v proti směru hodinových ručiček, byla manipulace s materiálem nejlépe vyhodnocena u návrhu 3. Směr obsluhy pro zavedení „Rabbit chase“ byl shledán, jako nejlepším řešením.

- Uložení palety pro finální kusy je stejnou měrou ohodnoceno u návrhů 2 a 3, kdy palety rovnoběžně navazují na výrobní stanice v lince. U návrhu 2, z důvodu získání prostoru ke vchodu do linky, musela být paleta vytočena o 90⁰. To bylo vyhodnoceno jako nevýhoda.

Váhy jednotlivých kritérií byly vynásobeny přiřazenými body, a všechny součiny daného návrhu byly sečteny. Návrh získávající nejvíce bodů je považován za nejlepší variantu. Z tabulky je zřejmé, že jde o návrh layoutu číslo 2 s celkovými 2,8 body.

Celé hodnocení bylo provedeno autorkou práce za přítomnosti technologů. Layout 2 byl, především pro nejlepší vyřešení dopravy vstupního materiálu a vhodně zvoleným směrem výrobního toku, vyhodnocen jako nejlepším. Jestliže do doby přesunu výrobní linky, který se plánuje na podzim tohoto roku, nikdo z technologů nepřijde s lepším návrhem, bude se layout 2 aplikovat v praxi.

3.5 Zavedení “Rabbit chase”

Po vyhodnocení a výběru nového layoutu linky ECV I/II byl do tohoto prostoru zaveden „Rabbit chase“ neboli „Hon na zajíce“, týkající se způsobu obsluhy linky.

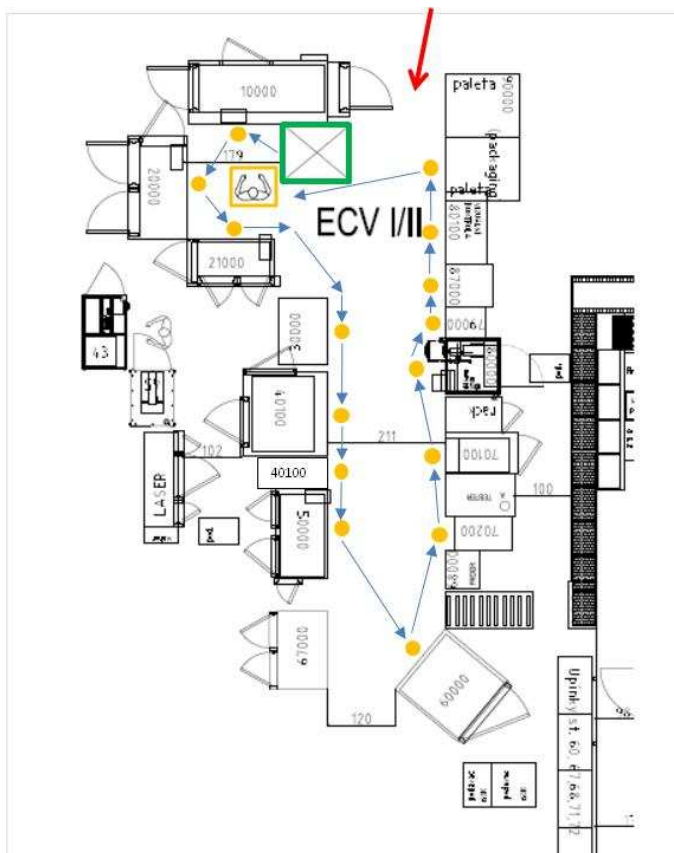
Aplikoval se do obou projektů, tedy M9R K2 a VW2L. Do layoutu byl zaznamenán Špagetový diagram, který byl u obou projektů rozdílný. Byl vypracován operativní plán linky, který se od původní verze nepatrně lišil. Dále graf s taktem linky, jehož průběh se od původního stavu lišil celkově. Vytyčeným cílem před zavedením „Rabbit chase“, bylo snížit počet operátorů v lince. Pomocí výpočtu bude zjištěn potřebný počet operátorů k obsluze.

3.5.1 “Rabbit chase” pro projekt M9R K2

Do nového layoutu linky (viz obr. 30) byl pomocí Špagetového diagramu zaznamenán pohyb operátora. Modré šipky značí trasu operátora a oranžové tečky definují, který stroj obsluhuje.

Je zřejmé, že stanice již nejsou rozděleny mezi jednotlivé operátory, jako u původního typu obsluhy. Každý z operátorů obsluhuje všechny stanice, a to vyžaduje 100% znalost operací. Začíná u stanice 10000 a po směru šipek projde celou linkou až k paletám 90000,

poté se vrací zpět ke stanici číslo 10000. Během kartonové simulace bylo spočítáno průměrně 23 kroků k projití celou linkou.



Obr. 30: Pohyb operátora pro „Rabbit chase“, projekt M9R K2
Zdroj: Vlastní zpracování

Operativní plán linky (viz tab. 8) zaznamenává sled jednotlivých výrobních operací pro daný projekt. V levém sloupci již nejsou čísla jednotlivých operátorů, ale je zde operátor pouze jeden. Z tabulky je zřejmé, že již neobsahuje operaci přípravu balícího materiálu, který operátorům trval 4 s na kus a kroky navíc. Tato operace bude svěřena seřizovači, který bude balící materiál připravovat a průběžně doplňovat.

Čísla stanic, popis operací, časy manuální, strojní a kroky zůstávají u původních stanic neměnné. Novým výrobním zařízením, programovací stanice 70200 a tester 70100, byly změřeny veškeré příslušné časy. Kumulativní čas postupně načítá manuální čas a čas potřebný pro přemístění. Operátor prochází celou linkou, proto je kumulativní součet proveden od první operace až po poslední. Průběžný čas výroby je 158,6 s.

Tab. 8: Operativní plán linky pro „Rabbit chase“, projekt M9R K2

**Operativní plán linky
"Rabbit chase"
Projekt M9R K2**

Operátor číslo	Stanice číslo	Popis operací	Čas [s]			
			Manuální	Strojní	Kroky	Kumulativní
1	10	Kontrola housingu, vyjmutí a založení do přípravku včetně ložisek a zapnutí stanice.	7,56	14,30	1,08	8,6
1	20	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně sedla a zapnutí stanice.	7,20	6,80	1,08	16,9
1	20,1	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně kolíků.	7,56	5,90	2,16	26,6
1	30	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže klapky, hřídelky a pružiny do housingu.	15,84	0,00	1,08	43,6
1	40	Založení a vyndání housingu z přípravku včetně zapnutí stanice.	6,48	15,20	1,08	51,1
1	40,1	Kontrola sváru pod mikroskopem, označení housingu a odložení na dopravník.	7,20	0,00	1,08	59,4
1	50	Montáž motorku - nasazení housingu, podložky, motorku do přípravku a sepnutí šroubováků .	13,68	11,10	2,16	75,2
1	60	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže podložky, kolečka a senzoru do housingu.	19,44	3,00	2,16	96,8
1	70,2	Vyjmutí a založení výrobku do stanice, zapojení konektoru, zapnutí startovacího tlačítka.	5,33	12,10	1,08	103,3
1	70,1	Založení housingu do programovací stanice, spuštění stanice.	6,20	5,43	1,08	110,5
1	80	Vyjmutí a založení výrobku do stanice včetně zapnutí stanice.	5,40	6,30	1,08	117,0
1	79	Nasazení gasketů na výrobek.	6,84	0,00	1,08	124,9
1	87	Kamerová stanice - založení výrobku do stanice a zapnutí.	4,50	5,60	1,08	130,5
1	80,1	Vizuální kontrola výrobku.	20,33	0,00	1,08	151,9
1	90	Uložení výrobku do balení.	4,50	0,00	2,16	158,6

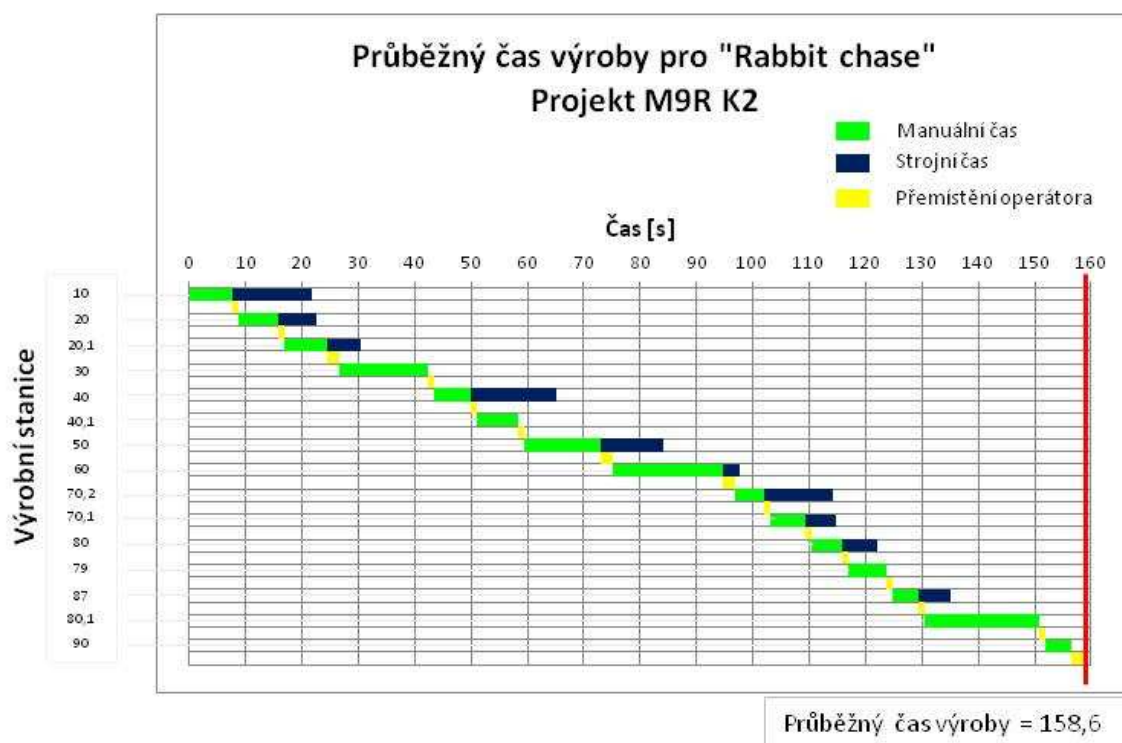
Zdroj: Vlastní zpracování

Graf taktu linky (viz obr. 31) zobrazuje průběh výroby po zavedení „Rabbit chase“. Na ose horizontální je čas v sekundách a ose vertikální čísla výrobních stanic. Zelený sloupec zastupuje manuální čas, modrý čas strojní a žlutý čas k přemístění operátora.

Je zřejmé, že průběh výroby se naprosto liší od původního stavu, kdy jednotliví operátoři obsluhovali pouze určitý okruh stanic. Po zavedení „Rabbit chase“ každý z operátorů obsluhuje každou stanici, která je k danému projektu určena. Jednotlivé operace tedy na sebe navazují.

Situace bude vysvětlena podrobněji u prvních tří stanic. Operátor vyjme kus A z palety vstupního materiálu a přichází ke stanici číslo 10000. Ze stanice 10000 vyjme hotový kus B, který tam vložil operátor předchozí. Do stanice založí kus A, spustí stanici a s kusem B přechází ke stanici 20000. Z této stanice vyjme kus C, založí kus B, spustí stroj a přechází ke stanici číslo 21000. Tento průběh se opakuje. Z popisu je zřejmé, že operátor nechodí od první stanice až k poslední s jedním kusem, ale od stanice ke stanici přesunuje rozpracovaný kus operátora, který pracuje před ním. V případě manuálních stanic rozpracovaný kus přenáší k další stanici.

Po kumulativním součtu manuálních časů a časů pro přemístění operátora, byl získán průběžný čas výroby, tedy čas za který operátor projde celou linkou. U projektu M9R K2 je průběžný čas výroby 158,6 s.

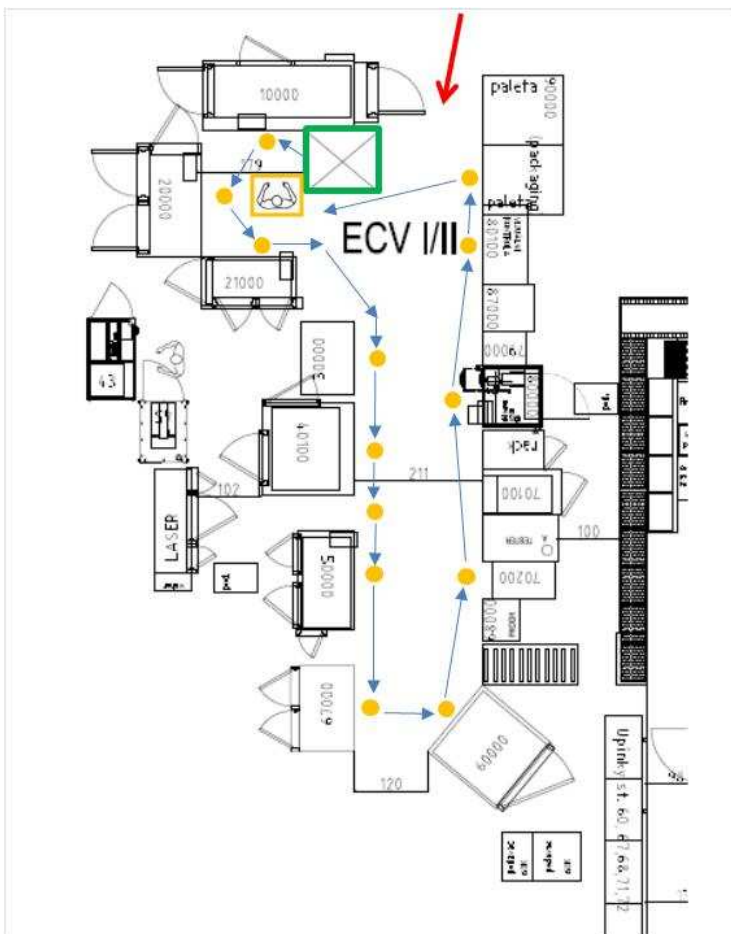


Obr.31: Průběžný čas výroby pro „Rabbit chase“, projekt M9R K2
Zdroj: Vlastní zpracování

3.5.2 “Rabbit chase” pro projekt VW2L

Špagetový diagram v layoutu linky (viz obr. 32) opět zaznamenává pohyb operátora. Modré šipky značí jeho trasu a oranžové tečky definují, který stroj obsluhuje.

Každý operátor obsluhuje 13 stanic. Stejně jako u prvního projektu, operátor začíná u stanice 10000, a po směru šipek projde celou linkou až k paletám 90000, poté se vrací zpět ke stanici číslo 10000. Během kartonové simulace bylo spočítáno průměrně 23 kroků k projití celou linkou.



Obr. 32: Pohyb operátora pro „Rabbit chase“, projekt VW2L
Zdroj: Vlastní zpracování

Operativní plán linky (viz tab. 9) opět zaznamenává sled jednotlivých výrobních operací pro daný projekt. Rozvržení tabulky je stejné jako v předchozím projektu. Kumulativní čas zahrnuje manuální čas a čas pro přemístění operátora, a to od první operace až k poslední. Průběžný čas výroby tohoto projektu je 156,3 s.

Tab. 9: Operativní plán linky pro „Rabbit chase“, projekt VW2L

**Operativní plán linky
"Rabbit chase"
Projekt VW2L**

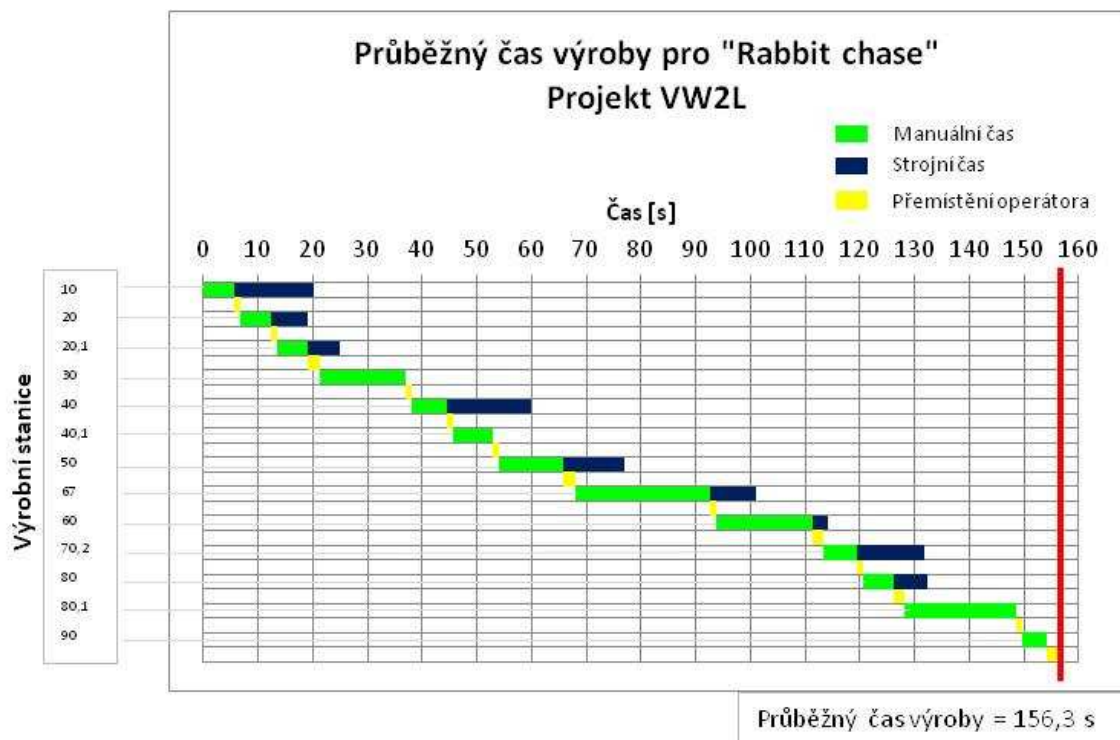
Operátor číslo	Stanice číslo	Popis operace	Čas [s]			
			Manuální	Strojní	Kroky	Kumulativní
1	10	Kontrola housingu, vyjmutí a založení do přípravku včetně ložisek a zapnutí stanice.	5,76	14,30	1,08	6,8
1	20	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně sedla a zapnutí stanice.	5,40	6,80	1,08	13,3
1	20,1	Vyjmutí a založení housingu do přípravku včetně kolíků.	5,76	5,90	2,16	21,2
1	30	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže klapky, hřídelky a pružiny do housingu.	15,84	0,00	1,08	38,2
1	40	Založení a vyjmutí housingu z přípravku včetně zapnutí stanice.	6,48	15,20	1,08	45,7
1	40,1	Kontrola sváru pod mikroskopem, označení housingu a odložení na dopravník.	7,20	0,00	1,08	54,0
1	50	Montáž motoru - nasazení housingu, podložky, motoru do přípravku a sepnutí šroubováků.	11,88	11,10	2,16	68,0
1	67	Lisování 2 trubiček a 1 capu, včetně nanesení lepidla a spuštění stanice.	24,50	8,50	1,08	93,6
1	60	Vyjmutí a zamontování housingu včetně montáže podložky, kolečka a senzoru do housingu.	17,64	3,00	2,16	113,4
1	70,2	Vyjmutí a založení výrobku do stanice, zapojení konektoru, zapnutí startovacího tlačítka.	6,20	12,10	1,08	120,7
1	80	Vyjmutí a založení výrobku do stanice včetně zapnutí stanice (6,5 s čekání na tester).	5,40	6,30	2,16	128,3
1	80,1	Vizuální kontrola výrobku.	20,33	0,00	1,08	149,7
1	90	Kontrola a uložení do balení.	4,50	0,00	2,16	156,3

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf taktu linky (viz obr. 33) zobrazuje průběh výroby po zavedení „Rabbit chase“. Stejně jako u grafu předchozího, je i zde patrné, že jednotlivé výrobní operace na sebe navazují. Operátoři tedy obsluhují všechny stanice a chodí od stanice první až k poslední.

Průběh výroby je stejný jako u předchozího projektu. Tedy operátor nechodí od první stanice až k poslední se stejným kusem, ale od stanice ke stanici přesunuje rozpracovaný kus operátora předchozího. V případě manuálních stanic, rozpracovaný kus přenáší k další stanici.

Po kumulativním součtu manuálních časů a časů pro přemístění operátora byl získán průběžný čas výroby, tedy informace za jakou dobu projde operátor celou linkou. U projektu VW2L je průběžný čas výroby 156,3 s.



Obr. 33: Průběžný čas výroby pro „Rabbit chase“, projekt VW2L
Zdroj: Vlastní zpracování

3.5.3 Počet operátorů po zavedení „Rabbit chase“

Pro výpočet potřebného počtu operátorů pro linku ECV I/II po zavedení „Rabbit chase“ jsou potřeba dva údaje. Jde o takt zákazníka a průběžný čas výroby linky. Takt zákazníka pro oba projekty byl již vypočítán v kapitole 3.3.1 a 3.3.2. Průběžný čas výroby linky byl definován v předchozí kapitole.

M9R K2

Zákaznický takt = 37,23 s

Průběžný čas výroby linky = 158,6 s

Počet operátorů = Průběžný čas výroby linky / Zákaznický takt (10)

$$\text{Počet operátorů} = \frac{158,6}{37,23} = 4,26 \text{ operátorů}$$

Z výpočtu je zřejmé, že při daném průběžném čase výroby linky a taktu zákazníka je třeba 4,26 operátorů.

VW2L

Zákaznický takt = 40,8 s

Průběžný čas výroby linky = 156,3 s

Počet operátorů = Průběžný čas výroby linky / Zákaznický takt (11)

$$\text{Počet operátorů} = \frac{156,3}{40,8} = 3,83 \text{ operátorů}$$

U projektu VW2L je, při daném průběžném čase výroby linky a taktu zákazníka, potřeba pouhých 3,83 operátorů.

Výpočet obou projektů prokázal, že cíl, snížení operátorů při zavedení „Rabbit chase“, byl splněn. Po zaokrouhlení výpočtů by v obou případech vycházeli 4 operátoři na směnu. Jelikož je třeba ponechat určitou rezervu, byl stanoven počet 5 operátorů na jednu směnu. Touto změnou byli ušetřeni dva operátoři, kteří budou využiti pro nový projekt.

3.6 Ekonomické zhodnocení

Veškeré změny, které byly navrženy autorkou diplomové práce, vedly k rozlohovým, časovým a finančním úsporám. V následujícím textu budou přínosy vyčísleny na roční přepočet.

3.6.1 Úspora dvou operátorů

Sestavením nového layuotu linky mohl být aplikován „Rabbit chase“. Při daném průběžném čase výroby linky a taktu zákazníka byl zjištěn potřebný počet operátorů.

Původní stav = 7 operátorů

Nový stav = 5 operátorů

Úspora = 2 operátoři

Průměrná hodinová sazba operátora = 150 Kč/hod

Úspora hodin = úspora OP * počet hodin na směnu * počet pracovních dní za rok 2012 (12)

Úspora hodin = $2 * 8 * 252$ [25]

Úspora hodin = 4032 hod/rok

Úspora mzdy = úspora hodin * průměrná hod sazba operátora (13)

Úspora mzdy = $4032 * 150$

úspora mzdy = 604 800 Kč/rok

Úspora dvou operátorů vede ke mzdové úspoře ve výši 604 800 Kč za rok.

3.6.2 Úspora času na jednotku produkce

Projekt M9R K2

a) verze 7 operátorů:

Takt linky = 28,1 s

Průběžný čas výroby linky = takt linky * počet operátorů (14)

Průběžný čas výroby linky = $28,1 * 7$

Průběžný čas výroby linky = 196,7 s

Verze „Rabbit chase“ (5 operátorů):

Průběžný čas výroby linky = 158,6 s

Úspora času na jednotku = $196,7 - 158,6 = \underline{38,1 \text{ s}}$

U projektu M9R K2 verze 7 operátorů byl čas výroby jednoho kusu produktu zkrácen o 38,1 s.

Průměrná hodinová sazba operátora = 150 Kč/hod = 0,042 Kč/s

Úspora na jednotku produkce = $0,042 * 38,1 = \underline{1,6 \text{ Kč/ks}}$ (15)

Odhadovaná výroba pro rok 2014 je 200 000 ks/rok.

Úspora celkem = $200\,000 * 1,6 = \underline{320\,000 \text{ Kč/rok}}$ (16)

b) Verze 6 operátorů:

Takt linky = 32,8 s

Průběžný čas výroby linky = takt linky * počet operátorů (17)

Průběžný čas výroby linky = $32,8 * 6$

Průběžný čas výroby linky = 196,8 s

Verze „Rabbit chase“ (5 operátorů):

Průběžný čas výroby linky = 158,6 s

Úspora času na jednotku = $196,8 - 158,6 = \underline{38,2 \text{ s}}$

U projektu M9R K2 verze 6 operátorů byl čas výroby jednoho kusu produktu zkrácen o 38,2 s.

Průměrná hodinová sazba operátora = 150 Kč/hod = 0,042 Kč/s

Úspora na jednotku produkce = $0,042 * 38,2 = \underline{1,6 \text{ Kč/ks}}$ (18)

Odhadovaná výroba pro rok 2014 je 200 000 ks/rok.

Úspora celkem = $200\,000 * 1,6 = \underline{320\,000 \text{ Kč/rok}}$ (19)

c) Vyhodnocení úspory času na jednotku produkce, projekt M9R K2

Zkrácením průběžného času výroby linky pro projekt M9R K2 bylo u obou verzí uspořeno 1,6 Kč na jednotku produkce. Podle interních údajů Continental se projekt M9R K2 z 80% času realizuje ve verzi se sedmi operátory a 20% času ve verzi se šesti operátory. Jelikož úspory plynoucí z obou verzí jsou stejné, není potřeba procentuelně počítat úspory na každou verzi. Celkové úspory pro projekt M9R K2 tedy činí 320 000 Kč za rok.

Projekt VW2L

a) Verze 7 operátorů:

Takt linky = 26,6 s

Průběžný čas výroby linky = takt linky * počet operátorů (20)

Průběžný čas výroby linky = 26,6 * 7

Průběžný čas výroby linky = 186,2 s

Verze „Rabbit chase“ (5 operátorů):

Průběžný čas výroby linky = 156,3 s

Úspora času na jednotku = 186,2 – 156,3 = 29,9 s

U projektu VW2L verze 7 operátorů byl čas výroby jednoho kusu produktu zkrácen o 29,9 s.

Průměrná hodinová sazba operátora = 150 Kč/hod = 0,042 Kč/s

Úspora na jednotku produkce = 0,042 * 29,9 = 1,3 Kč/ks (21)

Odhadovaná výroba pro rok 2014 je 180 000 ks/rok.

Úspory pro verzi 7 operátorů = 180 000 * 1,3 = 234 000 Kč/rok (22)

b) Verze 6 operátorů:

Takt linky = 33,8 s

Průběžný čas výroby linky = takt linky * počet operátorů (23)

Průběžný čas výroby linky = 33,8 * 6

Průběžný čas výroby linky = 202,8 s

Verze „Rabbit chase“ (5 operátorů):

Průběžný čas výroby linky = 156,3 s

Úspora času na jednotku = 202,8 – 156,3 = 46,5 s

U projektu VW2L verze 7 operátorů byl čas výroby jednoho kusu produktu zkrácen o 46,5 s.

Průměrná hodinová sazba operátora = 150 Kč/hod = 0,042 Kč/s

Úspora na jednotku produkce = 0,042 * 46,5 = 1,95 Kč/ks (24)

Odhadovaná výroba pro rok 2014 je 180 000 ks/rok.

Úspora celkem = 180 000 * 1,95 = 351 000 Kč/rok (25)

c) Vyhodnocení úspory času na jednotku produkce, projekt VW2L

Zkrácením průběžného času výroby linky pro projekt VW2L bylo u verze se sedmi operátory uspořeno 1,3 Kč na jednotku produkce, u verze se šesti operátory 1,95 Kč na jednotku produkce. Při odhadované výrobě 180 000 ks pro rok 2014 by z verze první vyplývala úspora 234 000 Kč a z verze druhé úspora ve výši 351 000 Kč za rok.

Podle interních údajů Continental se projekt VW2L z 80% času realizuje ve verzi se sedmi operátory a 20% času ve verzi se šesti operátory. Další výpočet úspor obou verzí zohlední daný fakt.

Verze 7 operátorů:

Podíl úspor = % zatížení linky * úspora celkem

Podíl úspor = 0,8 * 234 000 = 187 200 Kč/rok (26)

Verze 6 operátorů:

Podíl úspor = % zatížení linky * úspora celkem

$$\text{Podíl úspor} = 0,2 * 351\,000 = \underline{70\,200 \text{ Kč/rok}} \quad (27)$$

$$\text{Úspora celkem} = 187\,200 + 70\,200 = \underline{257\,400 \text{ Kč/rok}}$$

U projektu VW2L vedla úspora času na jednotku produkce k celkové úspoře ve výši 257 400 Kč za rok.

3.6.3 Úspora plochy

Původní layout linky = 104 m²

Nový layout linky = 102 m²

Novým layoutem byl ušetřen prostor o rozloze 2 m².

Fixní náklady (FC) výrobní haly jsou 120 €/m²/měsíc.

Průměrný nominální kurz měny v roce 2012: $1\text{€} = 25,143 \text{ Kč}$ [25]

$$\text{FC} * \text{nominální kurz měny} = 120 * 25,143 = \underline{3017 \text{ Kč/m}^2/\text{měsíc}} \quad (28)$$

$$\text{Úspora celkem} = \text{úspora prostoru} * \text{FC} * \text{počet měsíců za rok} \quad (29)$$

$$\text{Úspora celkem} = 2 * 3017 * 12 = \underline{72\,408 \text{ Kč/rok}}$$

Úsporou plochy o 2 m² došlo, při fixních nákladech 3017 Kč/měsíc na m², k finanční úspoře 72 408 Kč za rok.

3.6.4 Úspora transportu vstupního materiálu

COVER LINE vyrábí pro linku ECV I/II vstupní materiál - kryty. Při původním umístění linky ECV I/II musely být kryty z COVER LINE operátorem přemístěny téměř přes celou výrobní halu. Z důvodu přesunu ECV I/II linky vedle COVER LINE, a pro přímé navázání dopravníků z linky do linky, byl transport odstraněn.

Čistá chůze z COVER LINE do ECV I/II a zpět trvá průměrně 2 min = 120 s.

Počet transportů krytů do linky je průměrně 4krát za směnu.

Počet směn za den = 2

Počet pracovních dnů za rok 2012 = 252 [25]

Průměrná hodinová sazba operátora = 150 Kč/hod

Úspora času = čas chůze * četnost chůze za směnu * počet směn denně * počet pracov.dnů

Úspora času = $120 * 4 * 2 * 252 = 241\,920 \text{ s/rok} = \underline{67,2 \text{ hod/rok}}$ (30)

Úspora celkem = úspora času * průměrná hodinová sazba operátora (31)

Úspora celkem = $67,2 * 150 = \underline{10\,080 \text{ Kč/rok}}$

Lepším vyřešením transportu bylo ušetřeno 67,2 hod chůze operátora za rok. Při průměrné hodinové mzdě 150 Kč je celková roční úspora 10 080 Kč.

3.6.5 Celkové úspory projektu

Úspora 2 operátorů = 604 800 Kč/rok

Úspora času na jednotku produkce: Projekt M9R K2 = 320 000 Kč/rok

Projekt VW2L = 257 400 Kč/rok

Úspora plochy = 72 408 Kč/rok

Úspora transportu vstupního materiálu = 10 080 Kč/rok

Celková úspora:

$604\,800 + 320\,000 + 257\,400 + 72\,408 + 10\,080 = \mathbf{1\,264\,688 \text{ Kč/rok}}$

Přesun linky do vhodnějších míst výrobní haly, změna layoutu linky a aplikace „Rabbit chase“ vedla k celkové úspoře společnosti ve výši 1 264 688 Kč za rok. Jak již bylo zmíněno v textu výše, ECV I/II linka vyrábí celkem 10 projektů. Do analýzy této diplomové práce byly zahrnuty pouze dva projekty, které pokrývají většinový podíl výroby na analyzované lince. Do výpočtu celkových úspor nebyly ostatní projekty zohledněny. Celkové úspory za rok by tedy byly ještě vyšší.

Graf celkových úspor projektu (viz obr. 34) ilustruje veškeré úspory plynoucí z aplikovaných změn. Je patrné, že úspora 2 operátorů potřebných k obsluze linky, vedla k nejvýše uspořené částce. Nejnižší úspora plyne z úspory transportu.



Obr. 34: Celkové úspory projektu

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf podílu jednotlivých úspor (viz obr. 35) udává procentuální podíl jednotlivých úspor z celku. Největší podíl 48% má úspora operátorů a naopak nejmenší podíl, pouhé 1% má úspora transportu.



Obr. 35: Podíl jednotlivých úspor

Zdroj: Vlastní zpracování

4 ZÁVĚR

Štíhlá výroba, ač vychází ze světa automobilového průmyslu a z japonského přístupu k životu, je jedním z nejvíce probíraných témat dnešní doby téměř všech společností po celém světě. Firmy se dnes a denně potýkají s vlivnou silou konkurence, se změnami potřeb a poptávky zákazníků, či s technickými a materiálovými pokroky. Rychlé životní tempo dnešní doby je patrné a hraje klíčovou roli v dosažení úspěchu jak jednotlivců, tak společností. Pro udržení existence společnosti je proto potřeba držet krok s dobou a usilovat o neustálou inovaci. Filosofie Štíhlé výroby právem oslovila tisíce firem po celém světě a ukázala směr k efektivnímu řízení. Jednou z nich je také společnost Continental.

Tato diplomová práce se zabývala projektem zefektivnění výrobní linky ECV I/II v Continental Automotive Trutnov. Z prostorových důvodů bylo nutno výrobní linku přesunout a uvolnit tak místo pro úplně nový projekt. V rámci velkých změn se naskytla příležitost věnovat se podrobně layoutu pracoviště a zavádět vhodnější způsob obsluhy výrobních stanic, tzv. „Rabbit chase“, který byl již v minulosti úspěšně aplikován na jinou výrobní linku společnosti. Cílem práce tedy bylo nalézt vhodný prostor k umístění linky z hlediska lépe řešené logistiky, navrhnout „štíhlý“ layout pracoviště, který by eliminoval vyskytující se plýtvání, a zavést „Rabbit chase“ pro snížení počtu operátorů k obsluze. Celkové změny měly vést ke snížení výrobních nákladů linky a k vyšší efektivitě výroby.

Linka ECV I/II je existenčně závislá na jiné výrobní lince, jde o COVER LINE dodávající do linky vstupní materiál. Z tohoto důvodu byl k přemístění zvolen prostor vedle této linky. Nové strategické umístění vyřešilo otázku transportu materiálu, který byl při původní verzi realizován téměř přes celou výrobní halu. V dalším kroku byly navrženy 3 nové layouty pracoviště, které byly kartonovou simulací a metodou míry užitečnosti vzájemně porovnány a zhodnoceny. Na základě objektivního hodnocení byl zvolen nejlepší layout, který splňoval veškerá důležitá kritéria, tedy zmenšit vnitřní obvod linky a tím snížit počet kroků operátorů, navázat dopravník z COVER LINE do ECV I/II linky a zvolit vhodný směr obsluhy. Tyto požadavky byly novým layoutem splněny. V poslední fázi byl aplikován „Rabbit chase“ a na základě zákaznického taktu a průběžného času výroby zvolen vhodný počet operátorů na směnu.

Provedené změny vedly ke značným úsporám společnosti. Nový layout oproti původnímu je rozlohově menší, uspořil se tedy prostor. Byl ušetřen čas operátora při transportu vstupního materiálu z COVER LINE do ECV I/II linky. Díky zavedení „Rabbit chase“ došlo jednak k úspoře 2 operátorů, které bude potřeba pro nový projekt, a také ke zlepšení toku výroby, který vylučuje tvorbu mezioperačních zásob. Kratším průběžným časem výroby došlo k úspoře času k výrobě jednotky produkce. Výrobek tak zůstává v lince kratší dobu a tím se zkracuje doba jeho rozpracovanosti. Veškeré aplikované změny vedou k celkové úspoře ve výši 1 264 688 Kč za rok. Jelikož výrobní linka vyrábí celkem 10 různých projektů a k analýze této diplomové práce byly vybrány pouze dva z nich, úspory by vedly dokonce k vyšší částce.

Z ekonomického hodnocení celého projektu vyplývá závěr, že navržené změny povedou k významným finančním úsporám společnosti a ke zefektivnění výroby na lince ECV I/II. Výroba se po zavedení „Rabbit chase“ stává flexibilnější a může tak bez problémů reagovat na změnu množství poptávaného zákazníkem. Na závěr je nutno podotknout, že navržené změny prozatím zůstávají nezrealizované v praxi. Přesun linky je v plánu na září roku 2013, a pokud do této doby bude vypracován jiný konkurenční návrh než návrh autorky práce, budou se zvažovat jejich vzájemné přínosy.

Použitá literatura

- [1] OHNO, Taiichi. *Toyota production system: Beyond Large – Scale Production*. 1th ed. New York: Productivity Press, 1988. ISBN 0-915299-14-3.
- [2] Vision-lean.com. *History of Lean Manufacturing* [online]. Francie, 2008. [vid. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.vision-lean.com/trilogiq-philosophy-of-lean-manufacturing/history-of-lean-manufacturing/>.
- [3] IMAI, Masaaki a V. JUNGSMANN. *Kaizen: Metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 8025104613.
- [4] LIKER, Jeffrey K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [5] KOŠTURIÁK, J. a Z. FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-86851-38-9.
- [6] MAŠÍN I. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štíhlé výroby*. 1. vyd. Liberec: Institut technologií a managementu, 2005. ISBN 80-903533-1-2.
- [7] WEBER, Austin. *Lean Plant Layout*. USA: Troy, 2012. Databáze Proquest [online]. s. 52-55 [vid. 2013-4-8]. ISSN 10508171. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1019048495/13D973100F7444738B5/1?accountid=17116>.
- [8] API – Academy of Productivity and Innovations. *Analýza pracoviště* [online]. [vid. 2013-3-15]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68394.analyza-pracoviste/>.
- [9] IMAI, Masaaki a V. PAULÍNÝ. *Gemba Kaizen*. 1. vyd. Brno: Computer press, 2005. ISBN 80-2510850-3.
- [10] SHINGO, S. *Revolution in manufacturing: The SMED System*. 5th ed. New York: Productivity Press, 1985. ISBN 0-915299-03-8.
- [11] RUDY, J. *Organizácia a riadenie japonských priemyselných firiem*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1988. ISBN 8073183811.
- [12] MAŠÍN, I. *Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2003. ISBN 80-902235-9-1.

- [13] LIKER, Jeffrey K. and David MEIER. *The Toyota Way Fieldbook: A practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. 1th ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2005. ISBN 0071448934.
- [14] API – Academy of Productivity and Innovations. *One Piece Flow* [online]. [vid. 2013-3-8]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68413.one-piece-flow/>.
- [15] Kaizen Institute pro Českou republiku. *Založení Kaizen Institute* [online]. [vid. 2013-4-10]. Dostupné z: <http://cz.kaizen.com/o-nas.html>.
- [16] API – Academy of Productivity and Innovations. *OEE – Overall Equipment Effectiveness* [online]. [vid. 2013-3-8]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68415.ukazatel-oe/>.
- [17] System online - S přehledem ve světě informačních technologií. *Sledování a řízení efektivity výroby* [online]. [vid. 2013-3-10]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/sledovani-a-rizeni-efektivita-vyroby.htm>.
- [18] VAVRUŠKA, J. *Analýza a měření práce* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011. [vid. 2013-3-2]. Dostupné z: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:cKqxb5QyOFsJ:www.kvs.tul.cz/getFile/case:get/id:14318+&cd=2&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>.
- [19] API – Academy of Productivity and Innovations. *Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání* [online]. [vid. 2013-2-25]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/70817.naucte-se-videt-a-odstranovat-plytvani/>.
- [20] IPA Slovakia. *MOST – Maynard Operation Sequence Technique* [online]. [vid. 2013-2-25]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/most-maynard-operation-sequence-technique>.
- [21] Svět produktivity. *MOST – Maynard Operation Sequence Technique* [online]. [vid. 2013-2-25]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/MOST-Maynard-Operation-Sequence-Technique.htm>.

- [22] VAVRUŠKA, J, F. MANLIG a F. KOBLASA. One piece flow. *Web časopis MTF STU mimoriadne číslo 2* [online]. Trnava: Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Materiálovo technologická fakulta se sídlem v Trnavě, 2009. [vid. 2013-2-28]. ISSN: 1335-9053. Dostupné z: One piece flow – Caravans, deeper recognition. MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY.
- [23] BARTHOLDI, J. John. *Bucket - brigades assembly lines* [online]. [vid. 2013-4-6]. Dostupné z: <http://www.bucketbrigades.com/>.
- [24] IPA Slovakia. *Koncepcne projektovanie* [online]. [vid. 2013-4-14]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/koncepcne-projektovanie>.
- [25] Podnikatelský web – Internetový magazín pro drobné podnikatele. *Fond pracovní doby 2012* [online]. [vid. 2013-4-16]. Dostupné z: <http://www.podnikatelskyweb.cz/fond-pracovni-doby-2012/>.
- [26] Česká národní banka. *Kurzy devizového trhu – měsíční průměry* [online]. [vid. 2013-4-20]. Dostupné z: http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/prumerne_mena.jsp?mena=EUR.